



Isabel Maria Rodrigues Cardoso Marques Rosa

Mestre em Audiologia

Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica

Tese para obtenção do Grau de Doutor em

Avaliação de Tecnologia

Orientador: Maria Salomé Silva de Almeida, Professora Doutora,
Assistente de Investigação do Centro de Investigação do Centro
Hospitalar de Lisboa Central, EPE

Coorientador: Manuel Duarte Ortigueira, Professor Associado,
Investigador Sénior do UNINOVA da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Presidente: Prof. Doutora Maria Paula Diogo

Arguentes: Prof. Doutora Maria Fernanda Gentil Costa
Prof. Doutor José António Tenreiro Machado

Vogais: Prof. Doutor António Paulo Brandão Moniz de Jesus
Prof. Doutor José Maria Mendes Ribeiro de Freitas Albuquerque
Prof. Doutor Carlos Alberto da Silva



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2015



Isabel Maria Rodrigues Cardoso Marques Rosa

Mestre em Audiologia

Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica

Tese para obtenção do Grau de Doutor em

Avaliação de Tecnologia

Orientador: Maria Salomé Silva de Almeida, Professora Doutora,
Assistente de Investigação do Centro de Investigação do Centro
Hospitalar de Lisboa Central, EPE

Coorientador: Manuel Duarte Ortigueira, Professor Associado,
Investigador Sénior do UNINOVA da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Presidente: Prof. Doutora Maria Paula Diogo

Arguentes: Prof. Doutora Maria Fernanda Gentil Costa
Prof. Doutor José António Tenreiro Machado

Vogais: Prof. Doutor António Paulo Brandão Moniz de Jesus
Prof. Doutor José Maria Mendes Ribeiro de Freitas Albuquerque
Prof. Doutor Carlos Alberto da Silva



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2015

Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica

Copyright em nome de Isabel Maria Rodrigues Cardoso Marques Rosa, da FCT/UNL, da UNL.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Ao Fernando, meu marido.

AGRADECIMENTOS

E os meus agradecimentos vão para:

Todos aqueles que fizeram parte desta longa viagem que ultrapassou fronteiras. Em particular, para a Professora Doutora Salomé de Almeida, orientadora deste estudo, por toda a sua paciência, disponibilidade e amizade, e pelo incansável apoio durante este longo percurso que levou à concretização do mesmo.

O meu coorientador, o Professor Doutor Manuel Duarte Ortigueira que desde há alguns anos me vinha a colocar um desafio para esta “viagem por um mundo diferente, talvez complicado, mas aliciante”.

O Professor Doutor António Brandão Moniz, mentor deste Programa Doutoral em Avaliação de Tecnologia.

A Professora Maria Paula Diogo da Comissão de Acompanhamento de Tese, pela sua disponibilidade e conselhos.

Todos os Professores que lecionaram as disciplinas que fizeram parte da formação curricular.

Para a Doutora Paula Breia, então diretora do Serviço de Neurologia do Hospital Garcia de Orta, EPE, no início deste estudo e para o Doutor Luis Antunes, diretor do Serviço de Otorrinolaringologia do mesmo Hospital, por me terem franqueado as portas dos seus Serviços. Para a Doutora por permitir a realização dos exames às crianças que nele participaram. Para o Doutor por facultar elementos da sua casuística.

Para a Doutora Helena Rosa, Otorrinolaringologista, responsável pela Unidade de Audiologia do Serviço de Otorrino do Hospital Garcia de Orta, EPE, que contribuiu para a seleção das crianças que participaram no estudo, tendo avaliado os seus processos, e contactado os seus cuidadores. Pela empatia criada pelas suas competências, fez com que todos aceitassem e se deslocassem ao hospital sem qualquer contrapartida. E em particular pela sua amizade.

Para as Doutoradas Helena Rego e Madalena Pires, pela sua disponibilidade para a execução dos exames às crianças do nosso estudo, alterando a sua dinâmica diária, e também pela sua simpatia.

Para os cuidadores das crianças do estudo, que aceitaram a sua participação gratuitamente, disponibilizando o seu tempo e obviamente para as “protagonistas”, as crianças.

Para o Professor Doutor Arnaldo Batista, para a Engenheira Daniela Marques e para os Engenheiros João Lameira, Bruno Ribeiro e Carlos Ribeiro, aos dois primeiros pela ajuda na conversão dos sinais e aos últimos pela ajuda na sua análise.

Para o Engenheiro Gustavo Antunes Ferreira pelos seus ensinamentos matemáticos e por ter disponibilizado contactos para colaboração na análise dos sinais.

Para a Doutora Ana Silva pela ajuda e pelos ensinamentos preciosos de informática.

Para todos os meus amigos que me deram confiança e apoio para a realização deste estudo.

Para o meu marido, Fernando Marques Rosa, pelo amor, paciência e por estar sempre ao meu lado nas diversas etapas, entre as quais a da minha formação académica.

E ainda para todos aqueles que colocaram pedras no meu caminho, que fui guardando e me ajudaram a construir o meu castelo.

RESUMO

Dados atuais da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a prevalência global da perda auditiva, indicam que mais de 360 milhões de pessoas no mundo sofrem de perda auditiva incapacitante. Sendo esta uma deficiência sensorial que afeta a comunicação e o inter-relacionamento das pessoas é particularmente limitante na população idosa e nos primeiros anos de vida. Atualmente a ciência e a tecnologia permitem a reabilitação auditiva de forma muito aceitável. No entanto, quando se trata de crianças com surdez congênita, a re(h)abilitação tem que ser eficaz, sendo importante avaliar a percepção auditiva (se ouve, o que ouve, como ouve).

Considerando que a re(h)abilitação deve iniciar-se o mais cedo possível, é importante ter instrumentos que permitam perceber realmente não só se ouve, o que se ouve, mas também como se ouve, ajustando os equipamentos a cada caso.

A presente tese apresenta um estudo onde se utilizou o Eletroencefalograma (EEG) como instrumento de avaliação do efeito das próteses auditivas, em crianças com surdez congênita adaptadas proteticamente, numa perspectiva de Avaliação de Tecnologia. A utilização nos casos do estudo pretendeu comparar a variação dos sinais cerebrais obtidos no EEG efetuado quando a criança com e sem as próteses auditivas foi submetida a um estímulo sonoro, dando ideia sobre a funcionalidade das mesmas.

A validação do EEG neste contexto, teria o potencial de ser associado à re(h)abilitação auditiva como rotina, contribuindo para a otimização da funcionalidade das próteses auditivas desde o primeiro momento da adaptação. Esta utilização seria útil não só nas crianças mas também noutras situações, nomeadamente em indivíduos impedidos de verbalizar as suas queixas (que sofreram AVC, com atraso cognitivo, demência, entre outros).

A análise e interpretação dos sinais de EEG mostrou-se inesperadamente complexa, possivelmente devido a interferências de estímulos visuais e outras fontes de distração presentes no momento em que o EEG foi realizado, levando apenas a uma análise qualitativa do resultado: Verificou-se que o EEG pode ser utilizado mesmo nas pessoas que têm próteses auditivas; o sinal de EEG apresenta variação quando a criança tem ou não as próteses auditivas colocadas; mas não foi possível correlacionar a variação do sinal de EEG com o som produzido ou a capacidade de escutar através de um algoritmo de MATLAB (ou EEGLAB), simples e reproduzível.

A perspectiva da Avaliação de Tecnologia acompanhou este estudo desde o início, orientando a identificação do problema e a pesquisa bibliográfica inicial, e prosseguindo ao longo de toda a tese, levando ao aprofundamento de cada tema e subtema pensado ou relacionado com o assunto em estudo. Mais do que avaliar, esta metodologia de Avaliação de Tecnologia permitiu construir um enquadramento científico, político e de saúde sobre a surdez congênita, quando estudada nos mais

novos adaptados proteticamente, resultando numa sequência de secções e subsecções teóricas que constituem o *state of the art* atual e completo.

Foi também a Avaliação de Tecnologia que evidenciou a importância que a avaliação do efeito das próteses auditivas possa ter na re(h)abilitação auditiva, apresentando pistas que poderão ser úteis na tomada de decisão sobre o tipo de próteses, sobre a forma mais eficaz de as adequar às necessidades do défice da criança com surdez congénita, realçando a atualidade e interesse crescente que a metodologia aqui apresentada vem suscitando entre investigadores, engenheiros, profissionais de saúde e cuidadores, em todo o mundo.

Palavras-chave: Avaliação de Tecnologia; crianças com hipoacusia; eletroencefalograma (EEG); análise de sinal; próteses auditivas; audição

ABSTRACT

Current data from the World Health Organization (WHO) on the overall prevalence of hearing loss indicate that more than 360 million people worldwide suffer from disabling hearing impairment. This is a sensory disability that affects communication and interrelationships of people, particularly in the elderly and in the first months of life. Currently science and technology allow a very acceptable auditory (re)habilitation. However, in the case of children with congenital deafness, (re)habilitation must be effective and it is important to assess auditory perception (if the child hears, what the child hears, as the child hears).

Considering that rehabilitation should begin as soon as possible, it is important to have tools to realize what the child hears, but also how the child hears, allowing a personalized adjusting of the equipment to every case.

This thesis presents a study where it was intended to validate the use of the electroencephalogram (EEG) was choose as a tool to evaluate the effect of the hearing aids in children with congenital deafness hearing aid wearer, in a perspective of Technology Assessment. The case study included on this thesis intended to compare the variation in brain EEG signals obtained when the child was submitted to a sound stimulus with and without the hearing aids, giving idea of their functionality.

The validation of the EEG in this context has the potential to be associated with hearing rehabilitation routine, helping to optimize the functionality of hearing aids from the first moment of adaptation. This use would be useful not only in children but also in other situations, particularly in individuals unable to verbalize their complaints (who suffered stroke, with cognitive impairment, dementia, etc.).

The unexpected complexity of the EEG signal analysis and interpretation, explained by the possible interference that visual stimulus and other distraction sources present at the EEG time could make, motivated only a qualitative result – was found that the EEG could be used in people carrying hearing aids; the EEG signal presented variations when the child was carrying or not the hearing aids, when submitted to an audible stimulus; but it was not possible to correlate the EEG signal variation with the sound or the listening capacity through a simplified MATLAB (or EEGLAB) algorithm.

The perspective of Technology Assessment outline this study from the beginning, guiding on the problem's identification and the original literature search, and continuing throughout the thesis, leading to deepen the thinking theme or subtheme related to the subject under study. More than assess, this methodology of Technology Assessment enabled the construction of a scientific and political frame on health and congenital hearing loss, while studying young children adapted with hearing aids, resulting in a sequence of sections and subsections that constitute the theoretical state of the art current and complete.

It was also the Technology Assessment that evidenced the importance that evaluation of the effect of hearing aids may have on hearing (re)habilitation, presenting clues that may be helpful in decision making about the hearing aids type, on the most effective way to balance them in children with congenital deafness needs, highlighting the current and growing interest on the methodology presented here (the use of EEG together with hearing aids effect evaluation) that has been raising between researchers, engineers, healthcare professionals and caregivers worldwide.

Key words: Technology Assessment; children with hearing loss; electroencephalogram (EEG); signal analysis; hearing aids; hearing

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS E GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xxiii
PARTE I – INTRODUÇÃO.....	1
PARTE II – ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL	13
2.1 AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA – AT.....	14
2.2 SÓCIO ECONOMIA DA INOVAÇÃO EM SAÚDE.....	29
2.2.1 Evolução do Sistema de Saúde em Portugal – Pequena Resenha Histórica.....	32
2.2.2 Aplicações Industriais das Novas Tecnologias (Tecnologias da Informação e da Comunicação – TIC, Nanotecnologias, Biotecnologia) em Saúde.....	37
2.2.3 Saúde e Inovação.....	39
2.2.4 Casos de Inovação em Saúde	41
2.2.5 Evolução Recente, Situação Atual e Perspetivas Futuras.....	43
2.3 ASPETOS ÉTICOS	45
2.4 O RANU – RASTREIO AUDITIVO NEONATAL UNIVERSAL	52
2.4.1 Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral – PEATC	53
2.4.2 Otoemissões Acústicas – OEA.....	54
2.4.3 A Implementação do RANU	54
2.4.4 Recomendações do RANU em Portugal.....	56
2.4.5 Outras Recomendações.....	60
2.5 SURDEZ NO MUNDO	61
2.5.1 Porquê um Rastreio Auditivo?	66
2.6 AUDIÇÃO	67
2.6.1 Limiar	68
2.6.2 Conhecer algumas Estruturas Envolvidas na Audição	69

2.6.2.1	Cóclea	69
2.6.2.2	Nervo Auditivo	71
2.6.3	Loudness ou Percepção Sonora de Intensidade	73
2.6.4	Recrutamento de Sonoridade.....	74
2.6.5	Caraterísticas Funcionais da Audição	75
2.6.6	Classificação da Deficiência Auditiva	75
2.6.6.1	Bases Médicas da Classificação	75
2.6.6.2	Classificação Etiológica	75
2.6.6.3	Classificação Clínica – Quanto ao Tipo	76
2.6.6.4	Classificação Audiométrica – Quanto ao Grau	78
2.6.6.5	Bases Pedagógicas na Criança	79
2.7	IMPLICAÇÕES E CONSEQUÊNCIAS DA DEFICIÊNCIA AUDITIVA – DESENVOLVIMENTO DA AUDIÇÃO NA CRIANÇA.....	80
2.7.1	Surdez Congénita	88
2.7.1.1	Surdez Genética	89
2.7.1.2	Surdez Não Genética.....	93
2.8	AJUDAS TÉCNICAS	94
2.8.1	Prótese Auditiva.....	94
2.8.2	Implante Auditivo Osteointegrado – Bone Anchored Hearing Aid – BAHA	99
2.8.3	Implante do Ouvido Médio – IOM.....	100
2.8.4	Implante Coclear – IC – ou Ouvido Biónico	101
2.8.5	Estimulação Electro Acústica – EEA	102
2.8.6	Implante do Tronco Cerebral – ITC	103
2.9	REABILITAÇÃO PROTÉTICA	104
2.10	ELETROENCEFALOGAMA – EEG	105

2.10.1	O que se Anda a Estudar com o EEG?	107
2.10.2	Maturação Cerebral – Maturação do EEG	110
2.10.3	Áreas de Brodmann.....	111
2.10.4	Áreas 41 e 42 – Córtex Auditivo Primário e de Associação Auditiva	114
2.10.5	Colocação dos Eléktrodos.....	115
2.10.6	Evolução do Eletroencefalograma.....	117
2.10.7	Eletroencefalograma Quantitativo e Topográfico – EEGQT – Mapeamento Cerebral ...	117
PARTE III – ESTUDO DE CASO		119
3.1	O PROBLEMA.....	120
3.2	OBJETO E OBJETIVO DO ESTUDO	121
3.3	IMPORTÂNCIA DO ESTUDO	122
3.4	TIPO DE ESTUDO.....	123
3.5	DEFINIÇÃO E SELECÇÃO DA AMOSTRA	124
3.5.1	Crítérios de Exclusão.....	124
3.6	MATERIAIS E MÉTODO	124
3.6.1	Método.....	124
3.6.2	Materiais e equipamentos	125
3.6.3	Instrumentos para a Colheita de Dados e Procedimentos.....	125
3.6.3.1	Colheita da Informação a partir dos Relatórios Médicos, Entrevistas e Traçados Eletroencefalográficos.....	127
3.6.4	Tratamento dos dados.....	128
3.6.4.1	Processamento Digital de Sinais – PDS	128
3.6.4.2	Sinal	130
3.6.4.3	MATLAB	130
3.6.4.3.1	EEGLAB.....	130
3.7	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	133

3.8	RESULTADOS	134
3.8.1	Apresentação e Análise dos Resultados.....	134
3.8.2	Análise Temporal.....	137
3.8.3	Desvio Padrão	141
3.8.4	Sobreposição dos Gráficos da Análise Temporal	144
3.8.5	Espectrogramas.....	146
	PARTE IV – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	153
4.1	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	154
4.1.1	Análise SWOT	154
4.1.2	Utilização do EEG no Estudo da Surdez.....	158
4.2	RESULTADOS VS OBJETIVOS PROPOSTOS.....	161
4.3	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
4.3.1	Onde Estamos?	163
4.3.1.1	Intervenção Precoce	164
4.3.1.2	Ouvir, Hoje em Dia.....	165
4.3.1.3	Progresso do Conhecimento – Investigação Básica, Modelos Animais e Tecnologia da Audição.....	166
4.3.2	Para Onde Caminhamos?	168
4.3.2.1	Humanos e Tecnologias Convergentes – TC.....	169
4.3.2.2	Também a Audição Será Contemplada.....	172
4.4	CONCLUSÕES.....	179
4.5	E POR FIM!.....	182
4.6	ESTUDOS FUTUROS	185
	BIBLIOGRAFIA.....	189
	ANEXOS	213
	ANEXO A – ANÁLISE DE REDE	214

ANEXO B – COMPROVATIVO DA ACEITAÇÃO DO PROJETO	215
ANEXO C – EXPLICAÇÃO DO PROJETO.....	216
ANEXO D – PERGUNTAS FREQUENTES.....	217
ANEXO E – CONSENTIMENTO INFORMADO	218
ANEXO F – QUESTIONÁRIO	220
ANEXO G – FOLHA DE TRABALHO	221
ANEXO H – RECOLHA DE DADOS	222
ANEXO I – FAIXA AUDIO	223
ANEXO J – INSTITUIÇÕES DE SAÚDE EM PORTUGAL ONDE SE PRATICA O RANU	224
ANEXO K – SINAIS	225
ANEXO L – PROGRESSO DO CONHECIMENTO – INVESTIGAÇÃO BÁSICA, MODELOS ANIMAIS E TECNOLOGIA DA AUDIÇÃO.....	284
ANEXO M – RELATÓRIO COST FORESIGHT 2030 – RESUMO	289
ANEXO N – NOVAS PERSPETIVAS NA AVALIAÇÃO DA PERCEÇÃO AUDITIVA	295

ÍNDICE DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1.1	- Estrutura da Tese.....	11
Figura 2.1	- Esquema de organização do RANU.....	57
Figura 2.2	- Esquema de organização do RANU – Alto Risco.....	58
Figura 2.3	- Esquema de organização do RANU no Hospital Garcia de Orta, EPE...	59
Figura 2.4	- Presbiacusia.....	64
Figura 2.5	- Audiograma de Sons Familiares e “ <i>Speech Banana</i> ” (zona sombreada).....	68
Figura 2.6	- Cóclea.....	69
Figura 2.7	- Corte transversal da cóclea.....	70
Figura 2.8	- Membrana basilar e tonotopia frequencial.....	71
Figura 2.9	- Nervo coclear ou auditivo.....	72
Figura 2.10	- Via auditiva.....	73
Figura 2.11	- Hipoacusia de Condução (Ouvido Direito).....	76
Figura 2.12	- Hipoacusia Neurosensorial (Ouvido Esquerdo).....	77
Figura 2.13	- Hipoacusia Mista (Ouvido Direito).....	77
Figura 2.14	- Audição Normal (Ouvido Esquerdo).....	78
Figura 2.15	- Grau de Audição.....	79
Figura 2.16	- Desenvolvimento da Linguagem.....	85
Figura 2.17	- Tipos de Hipoacusia Neurosensorial de acordo com o período de ocorrência.....	89
Figura 2.18	- Esquema da cóclea e do órgão de Corti onde estão representados os genes envolvidos na surdez e os locais onde os seus produtos são expressos.....	92
Figura 2.19	- Evolução das Próteses Auditivas.....	96
Figura 2.20	- Implante Coclear.....	102

Figura 2.21	- Áreas de Brodmann.....	111
Figura 2.22	- Posição dos elétrodos e áreas de Brodmann correspondentes.....	116
Figura 2.23	- Posição dos elétrodos e funções das áreas cerebrais correspondentes.....	116
Figura 3.1	- Indivíduo A. edf.....	131
Figura 3.2	- Anotações do Indivíduo A.....	132
Figura 3.3	- Espectrogramas do Indivíduo A com próteses auditivas a) e sem próteses auditivas b).....	135
Figura 3.4	- Análise Temporal do Sinal 8 nas diversas componentes de estudo com e sem próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à análise temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respetivamente.....	137
Figura 3.5	- Análise Temporal do Sinal 13 nas diversas componentes de estudo com e sem próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à análise temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respetivamente.....	139
Figura 3.6	- Sobreposição dos gráficos da Análise Temporal do Sinal 8 nas diversas componentes de estudo, com (azul) e sem (vermelho) as próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à Análise Temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respetivamente.....	144
Figura 3.7	- Sobreposição dos gráficos da Análise Temporal do Sinal 13 nas diversas componentes de estudo, com (azul) e sem (vermelho) as próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à Análise Temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respetivamente.....	145
Figura 3.8	- Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o Indivíduo A, História 1.....	147
Figura 3.9	- Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o Indivíduo A, História 2.....	148

Figura 3.10	- Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o Indivíduo A, Cantiga 1.....	149
Figura 3.11	- Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o Indivíduo A, Fala.....	150
Figura 4.1	- Pequeno dispositivo, de baixa potência que imita o mecanismo da audição super evoluído de uma mosca.....	167
Gráfico 3.1	- Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).....	141
Gráfico 3.2	- Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).....	142
Gráfico 3.3	- Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – H1 (Indivíduo A).....	142
Gráfico 3.4	- Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – H2 (Indivíduo A).....	142
Gráfico 3.5	- Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – C1 (Indivíduo A).....	143
Gráfico 3.6	- Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – F (Indivíduo A).....	143
Gráfico 3.7	- Desvio padrão do Sinal Inteiro, com e sem próteses auditivas nas diversas componentes de análise (indivíduo A).....	143
Gráfico 3.8	- Desvio padrão do Sinal Inteiro, com e sem próteses auditivas (indivíduo A).....	144

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1	- Atividades de AT nos 7 países europeus.....	18
Tabela 2.2	- Atividades de ATS nos 16 países europeus.....	23
Tabela 2.3	- Desenvolvimento Auditivo Normal desde o nascimento até ao quinto ano de vida.....	86
Tabela 2.4	- Desenvolvimento Anómalo da Fala.....	87
Tabela 2.5	- <i>Checklist</i> para a descrição da deficiência auditiva genética.....	91
Tabela 2.6	- Maturação do EEG em Lactentes e Crianças.	110
Tabela 2.7	- Áreas corticais de Brodmann e número correspondente à sua localização...	111
Tabela 2.8	- Áreas de Brodmann e funções correspondentes.....	112
Tabela 3.1	- Correspondência entre os canais e sinais respetivos.....	135
Tabela 3.2	- As 26 situações de análise.....	136
Tabela 4.1	- Análise SWOT.....	155

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABR	<i>Auditory Brainstem Response</i>
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AETMIS	<i>Agence d'Évaluation de Technologies et de Modes d'Intervention en Santé</i>
APORMED	Associação Portuguesa de Empresas de Dispositivos Médicos
AT	Avaliação de Tecnologia
ATC	Avaliação de Tecnologia Construtiva
ATP	Avaliação de Tecnologia Parlamentar
ATS	Avaliação de Tecnologia em Saúde
AVC	Acidente Vascular Cerebral
BDNF	<i>Brain-derived Neurotrophic Factor</i>
BAHA	<i>Bone Anchored Hearing Aid</i>
CMV	Citomegalovírus
CNCT	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia
CODEPH	<i>Comisión para la Detección Precoz de la Hipoacusia</i>
CT	<i>Converging Technologies</i>
C&T	Ciência e Tecnologia
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DFNB	<i>Deafness Autosomal Recessive Nonsyndromic Sensorineural</i>
CTA	<i>Constructive Technology Assessment</i>
EDF	<i>European Data Format</i>
EEA	Estimulação Eletro Acústica
EEG	Eletroencefalograma
EPTA	<i>European Parliamentary Technology Assessment</i>
EUA	Estados Unidos da América
EUPHA	<i>European Public Health Conference</i>
FCT	Fundação para a Ciência e Tecnologia
FCT – UNL	Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

FDA	<i>Food and Drug Administration (U.S.)</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
fMRI	<i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i>
GENDEAF	<i>European Network on Genetic Deafness</i>
GrEAT	Grupo de Estudos de Avaliação de Tecnologia
GRISI	Grupo de Rastreio e Intervenção da Surdez Infantil
GWAS	<i>Genome-wide Association Study</i>
HTA	<i>Health Technology Assessment</i>
IC	Implante Coclear
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IJA	<i>Initiated Joint Attention</i>
INAHTA	<i>International Network of Agencies for Health Technology Assessment</i>
INFARMED, I.P.	Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, Instituto Público
IOM	Implante do Ouvido Médio
IPCTN	Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional
IPSFL	Instituições Privadas sem Fins Lucrativos
ITAS	Instituto de Avaliação de Tecnologia e Análise de Sistemas do <i>Karlsruhe Institute of Technology</i>
ITC	Implante do Tronco Cerebral
LPG	Língua Gestual Portuguesa
MCL	<i>Maxim Comfort Level</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MEG	<i>Magnetoencephalography</i>
NF	<i>Neurofeedback</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OEA	Otoemissões Acústicas
OMS	Organização Mundial Saúde
ORL	Otorrinolaringologia
OTA	<i>Office of Technology Assessment</i>
PACITA	<i>Parliaments and Civil Society in Technology Assessment</i>

PDS	Processamento Digital de Sinais
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
PEAC	Potenciais Evocados Auditivos Corticais
PEAEE	Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável
PEATC	Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral
PET	<i>Positron Emission Tomography</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PNS	Plano Nacional Saúde
PTA	<i>Parliamentary Technology Assessment</i>
PTB	<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i>
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
RANU	Rastreio Auditivo Neonatal Universal
RM	Ressonância Magnética
SINATS	Sistema Nacional de Avaliação de Tecnologias de Saúde
SMSI	Síndrome da Morte Súbita Infantil
SNC	Sistema Nervoso Central
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SNS	Serviço Nacional de Saúde
SRT	<i>Speech Reception Threshold</i>
TA	<i>Technology Assessment</i>
TAC	Tomografia Axial Computurizada
TC	Tecnologias Convergentes
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
UE	União Europeia
UPC	Unidade de Processamento Central
USF	Unidade de Saúde Familiar
Web	<i>World Wide Web</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

Jamais desesperes nas mais sombrias aflições da tua vida, pois das nuvens mais negras cai uma água
limpa e fecundante.

(chinês)

PARTE I

INTRODUÇÃO

Na antiguidade Salomão (1033-975 a.C.) aconselhava o seu povo “Falai pelos que não podem falar, protegeí estes abandonados”. Mais tarde Aristóteles (384-322 a.C.) e Plínio o Velho (23-79 a.C.) observaram a existência de uma certa relação entre a surdez congénita e a mudez. Persistem dúvidas que Aristóteles atribuisse uma base orgânica comum à surdez e à mudez sabe-se, no entanto, que este defendia o lugar que o som e a palavra ocupam na transmissão do pensamento, meio primordial para a educação. Pensa ser o cego melhor instruído do que o surdo, crê que como o surdo-mudo não pode articular palavras, também não pode compreender os outros, então não pode ser educado e é incapaz de instrução. Não se apercebeu que a mudez é consequência da surdez e que a palavra é uma habilidade adquirida, cujos modelos são aprendidos pela audição.

Ao contrário dos outros animais que quando isolados dos da mesma espécie depois do nascimento são capazes de produzir sons caraterísticos da sua espécie, a pessoa com surdez congénita que nunca tenha ouvido a linguagem humana é incapaz de produzir sons.

Ao atravessarmos a História desde a Antiguidade à Idade Moderna apercebemo-nos da universalidade da importância dos sons, da voz e da palavra para todos os diferentes povos. São estes elementos que levam ao processo interativo da comunicação, à influência na matéria e à interferência no equilíbrio físico, emocional, mental e também em aspetos transcendentais como a ligação com o sagrado. Para além de perturbarem a respiração, as emoções e a consciência corporal, é também através deles que se evocam sentimentos espirituais, se expande a consciência e se harmoniza o ser.

Ouvir e ver são dois sentidos complementares. Aprender a escutar a própria voz, dar vida às palavras do mundo interior transporta-nos para o mundo exterior. Ouvidos e vistos lembramos os nossos valores como seres humanos. A conexão viva entre uns e os outros é feita através das suas falas, das suas vozes, da escuta e do silêncio.

Desde o nascimento que a criança norma ouvinte tem a perceção do mundo sonoro que a rodeia. As emoções são desencadeadas pela entrada no Sistema Nervoso Central (SNC) de determinadas informações sensoriais. A música provoca reações fisiológicas cuja amplitude parece depender do conteúdo emocional e que faz com que as crianças norma ouvintes consigam ter a perceção rítmica e melódica e diferenciar pelo menos quatro tipos de sentimentos diferentes, como a felicidade a tristeza a raiva e o medo. Basta também a simples escuta da música para tornar o “cérebro músico”, não precisa de aprendizagem. Ouvir a música, repovoa a solidão.

Para Nietzsche “Sem a música a vida seria um erro”.

Os sons produzem reações emocionais intensas e são instrumentos importantes para o processamento de informações que levam a mecanismos de sobrevivência, por ex. um som

ameaçador pode ativar o mecanismo da fuga ou da luta. Também a matéria sonora expressiva, variada e plástica transforma a experiência sensorial e cognitiva.

A audição é um dos cinco órgãos sensoriais. Fisiologicamente começa a formar-se muito cedo, durante o desenvolvimento embrionário, estando quase completa até aos 3 meses de gestação. No ambiente intrauterino é já funcional, captando os sons e a vibração do ambiente envolvente, iniciando o processo de memorização dos sons, contribuindo para o desenvolvimento da rede neural sensorial que irá interligar os sistemas e as áreas cerebrais envolvidos na percepção, na conectividade e na comunicação do indivíduo, internamente e com o exterior.

A audição participa ativamente, juntamente com outros órgãos sensoriais, em funções tão importantes como o equilíbrio do indivíduo, a avaliação das distâncias físicas e da proximidade de obstáculos. Este sentido está ainda envolvido com outras sensações, podendo condicionar emoções e comportamentos. É igualmente importante considerar o seu papel na comunicação entre indivíduos, no desenvolvimento da linguagem ouvida e falada, na cognição e inteligência, na aprendizagem e aquisição de conhecimentos, no relacionamento com os outros, quer em meios restritos, como a família, quer mais alargados, contribuindo de forma decisiva para a integração de cada um com o ambiente envolvente e na construção da sociedade.

O sistema auditivo após o nascimento vai completando a sua maturação, fazendo com que o desenvolvimento da linguagem oral vá percorrendo diferentes passos. É uma tarefa complexa e demorada que envolve aquisições como: a tomada do conhecimento sonoro; a aprendizagem da utilização de todas as vias percetivas que podem complementar a audição; a percepção e conservação da necessidade de comunicação e de expressão; e também a compreensão da linguagem e aprender a expressar-se. Qualquer perturbação no sistema auditivo pode comprometer seriamente este desenvolvimento que terá repercussões biopsicossociais no indivíduo.

Por isso, a perda auditiva tem sido objeto de preocupações e de estudos para encontrar alternativas que possam minimizar os seus efeitos prejudiciais ao desenvolvimento linguístico, cognitivo, social e emocional do indivíduo. Quando não se procede ao tratamento atempadamente, levando em conta o desenvolvimento da audição e da aquisição da linguagem que tem um período crítico no desenvolvimento, que não pode ser ultrapassado para que lhe permita um pleno desenvolvimento como os seus pares norma ouvintes. A sua qualidade de vida irá estar comprometida ao longo de toda a sua existência, portando-lhe implicações e consequências desde sempre e não só na idade mais avançada, onde na maior parte dos casos se trata da presbiacusia, isto é: o envelhecimento natural do ouvido.

De igual modo o tratamento ineficaz do défice auditivo tem como consequência mais evidente a ausência da linguagem, tornando-se assim, um grande obstáculo à comunicação, não permitindo à criança o seu desenvolvimento igual ao da criança norma ouvinte, e trazendo-lhe problemas de aprendizagem, sociais e de socialização.

No adulto o déficit auditivo ou a surdez podem trazer-lhe consequências, como diminuição da auto estima, problemas de identidade, e também medo de que os outros os considerem inferiores. As dificuldades ou ausência de comunicação podem causar angústia, limitações nas atividades da vida diária, e acarretar sentimentos de perda e de tristeza que podem afetar a sua saúde mental. Bem como a tendência para o isolamento pode ter implicações negativas nas relações da vida familiar, amorosa, sexual, social e profissional com repercussões igualmente negativas na sua qualidade de vida podendo levar à depressão e, em casos extremos ao suicídio.

Dados atuais da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a prevalência global da perda auditiva indicam que no mundo 32 milhões de crianças com menos de 15 anos sofrem desta afetação incapacitante, que por tratar-se de uma privação sensorial pode trazer graves consequências para a criança, para a sua família e para a sociedade. A totalidade mundial de indivíduos que sofrem de perda auditiva incapacitante é de 360 milhões, nestes incluem-se um terço dos indivíduos com mais de 65 anos ou seja 165 milhões.

Em 2012 Sergei Kochkin do Better Hearing Institute, de Washington, D.C., apresentou os seus dados estatísticos que mostram que nos Estados Unidos da América 3 em cada 10 pessoas com idade superior a 60 anos têm perda auditiva; que um em cada 6 *baby boomers* (idades entre 41-59 anos), ou seja 14,6%, têm problemas auditivos; que 1 em 14 *Generation Xers* (idades entre 29-40) têm já perda auditiva; no mínimo 1.4 milhões de crianças (18 anos ou mais novas) têm problemas de audição e que se estima que 3 em cada 1000 bebés nascem com perda auditiva severa a profunda que, quando não é tratada pode portar ao indivíduo problemas emocionais, mentais, psicológicos, físicos e económicos, trazendo igualmente custos há sociedade. Este último dado pode extrapolar-se aos países desenvolvidos. Em Portugal em 2013 nasceram 82000 bebés, sendo, assim, previsível que tenham nascido cerca de 250 crianças com surdez congénita severa a profunda.

Segundo Yoshinaga-Itano, Sedey, Coulter e Mehl (1998) a deficiência auditiva é invisível até que os seus efeitos se traduzam no compromisso da linguagem oral e do comportamento social. Quando o período de otimização das estruturas neurológicas para essa função já foi concluído, a reabilitação é menos eficaz. Deste modo, a deteção precoce desta deficiência é o aspeto fundamental na determinação do prognóstico terapêutico.

Num contexto de avaliação precoce salienta-se a importância do Rastreio Auditivo Neonatal Universal (RANU), que é um programa simples que permite identificar, logo à nascença, os casos de surdez congénita, independentemente dos grupos de risco. Segundo (Jakubíková, Kabátová, Pavlovcinová & Profant, 2009) se o rastreio não for universal cerca de 30% das hipoacusias (perdas auditivas) permanece por detetar até aos três anos de idade.

Após a identificação da surdez deverá iniciar-se um processo individual de re(h)abilitação. Dependendo do grau da surdez a criança poderá beneficiar da utilização de próteses auditivas convencionais ou de implantes cocleares (IC), no entanto, em caso de indicação de IC a estimulação é sempre iniciada com próteses auditivas cuja adaptação deverá ocorrer nos primeiros dois a três

meses de idade e a cirurgia de implantação deverá ocorrer antes do primeiro ano de vida. As próteses que as crianças irão utilizar, são meros equipamentos eletroacústicos cuja forma e tecnologia é a mesma utilizada pelos adultos, somente o acoplador (molde) é efetuado à medida do ouvido da criança, e vai-se refazendo à medida que esta cresce. Não têm em conta o desenvolvimento e maturação das vias auditivas e correspondente processamento do som ao nível do cérebro que ocorre no período neonatal e na primeira infância.

O conjunto da informação acerca do indivíduo e da sua condição auditiva, com a tecnologia mais evoluída das próteses, permite a adaptação protética segundo as necessidades específicas e preferências individuais, procurando otimizar a qualidade sonora nas diversas situações de escuta e ajustando-se segundo as circunstâncias.

Com o objetivo de alcançar sucesso na adaptação protética, ao longo dos anos têm sido adotados diversos procedimentos na pesquisa das características eletroacústicas otimizadas para o ouvido patológico. Segundo McCandless (1994) “a prótese auditiva deve fornecer amplificação apropriada para maximizar o reconhecimento da fala, prover boa qualidade de som, bem como amplificação que seja confortável”. O mesmo autor salienta ainda, que a resposta da prótese auditiva em ganho-frequência deverá procurar compensar a perda de sonoridade como resultado da perda auditiva.

Apesar da examinação audiológica em crianças ser complexa, em particular nas mais pequenas, examinadores treinados com recurso a equipamentos tecnologicamente desenvolvidos conseguem em laboratório utilizando testes que dependem da idade e do nível de desenvolvimento da criança a ser avaliada (por ex. Testes Comportamentais – Reforço Visual e Instrumental, Detecção de Sons Puros e da Fala, Testes de Reconhecimento, Potenciais Evocados Auditivos Específicos em Frequência, entre outros), avaliar a audição da criança relativamente ao quanto ouve. No entanto, quando se trata de crianças com surdez congénita, a re(h)abilitação tem que ser eficaz, sendo pertinente avaliar a perceção auditiva (se ouve, o que ouve, como ouve).

Quando as próteses auditivas são um elemento perturbador, a criança chora e retira se é capaz. Todavia, quando se apresenta tranquila, não é possível saber se as próteses lhe estão a prover todo o ganho necessário para a maximização e otimização da escuta, e consequentemente o melhor contributo para o seu desenvolvimento, e também se a sua utilização embora sem incómodo não estará a prejudicar a função auditiva. É legítimo questionar se “essas” mesmas próteses são as adequadas. À medida que as crianças vão crescendo, vão-se ajustando os moldes e reajustando a programação sempre que necessário numa tentativa de acompanhar as necessidades auditivas que vão surgindo a par com o seu crescimento.

Há estratégias e políticas que podem lucrar se o défice auditivo for compensado eficazmente desde o início da sua identificação. A Avaliação de Tecnologia em Saúde (ATS) poderá ter um papel importante na tomada de decisão sobre a seleção e adaptação das próteses, nas estratégias de reabilitação, nas tarefas e nas metas parciais a atingir, entre outras. Apoiada por conceitos clínicos e

de medicina personalizada, adequando as soluções aos casos considerando os recursos e o custo-benefício.

A Avaliação de Tecnologia (AT) inclui diferentes abordagens e métodos. Inicialmente concentrada em prospetiva, avaliação de impacto e estudos de política, evoluiu para abordagens orientadas para o processo, como Avaliação de Tecnologia Construtiva (*Constructive Technology Assessment – CTA*).

Com o crescimento e diversidade do campo desta disciplina, os seus métodos têm aumentado, variando da extrapolação de tendências e do Delphi para intervenções de inovação e conferências de consenso. Para atingir os objetivos, a escolha metodológica recorre a diversos instrumentos tais como: inquéritos a pesquisas em bases de dados com a utilização de palavras-chave, passando pelo acesso a sistemas informatizados de registo de dados e a comparação de protocolos, entre outros.

Este estudo apoiou-se em alguns instrumentos de Avaliação de Tecnologia. A Revisão da Literatura foi o instrumento de eleição, permitindo a revisão e a atualização de conhecimentos em várias áreas focadas ao longo desta tese. A estratégia de utilização deste instrumento foi adaptada a cada subtema em estudo, começando por colocar questões que permitiram identificar palavras-chave. O Anexo A mostra a Análise de Rede inicial, feita a partir do cruzamento das palavras-chave *Hearing aids and Electroencephalogram* em bases de dados de acesso aberto disponíveis na Web.

O cruzamento destas duas palavras-chave revelou muito escassa informação. Apesar de se terem encontrado outras metodologias, os estudos encontrados relacionados com a temática deste projeto assentaram essencialmente na metodologia dos potenciais evocados auditivos, nomeadamente para estimar os limiares com e sem as próteses auditivas, como os estudos de Gorga, Beauchaine e Reiland (1987) e os estudos de Tremblay, Kalstein, Billings e Souza (2006) que usando a mesma metodologia pretenderam estudar a amplificação das próteses auditivas no cérebro.

Observou-se na leitura de diversos textos, controvérsia acerca das medidas de avaliação para a seleção, a adaptação e o efeito das próteses auditivas. Constatou-se que os investigadores dos estudos de 2006, citados no parágrafo anterior, eram a favor de se adicionarem medições da atividade cerebral para poderem sinalizar a deteção neural do som num nível de intensidade amplificado específico e a importância na definição de níveis de ganho, enquanto outros eram exclusivamente a favor das medidas comportamentais.

A revisão bibliográfica mostrou a importância dos investigadores aprenderem uns com os outros e de se olhar para as medições da atividade cerebral como uma fonte potencial de novas informações, o que veio corroborar a importância deste estudo, que usa a sua própria metodologia.

A revisão bibliográfica (que foi persistente e repetida ao longo do tempo em que decorre este projeto), a recolha de opiniões de especialistas através da consulta atenta de *sítes*, blogues e documentos disponíveis na Web, e a articulação dessas opiniões com os resultados que se foram obtendo, os avanços e retrocessos sofridos na análise dos sinais de EEG obtidos, bem como o reforço de ideias de que esta é uma problemática importante, tão mais importante porque envolve crianças que

nasceram sem a capacidade de ouvir levou à construção desta tese de doutoramento carregada, e esperemos que não excessivamente, de informação e conhecimentos sobre as áreas abordadas – tecnologias, sociais, científicas, mais ou menos específicas.

Assim, na presente tese cuja temática que norteia o percurso doutoral é a Avaliação de Tecnologia, a Avaliação de Tecnologia em Saúde (ATS) surge como um elemento inovador na medida em que se usa uma metodologia que permite o apoio à decisão direcionada para um aspeto particular da saúde – A Surdez Infantil. O resultado da revisão bibliográfica efetuada, utilizando a metodologia de ATS, permite encontrar pontos de sugestão para o desenvolvimento da indústria das próteses auditivas, por ex. o fabrico de próteses compatíveis com a execução de ressonância magnética funcional, e no apoio do clínico na sua prática quanto à seleção e à adaptação da prótese ou do implante auditivo.

A parte II desta tese desenvolve amplamente a pesquisa bibliográfica direcionada, a revisão de literatura e a articulação dos conhecimentos resultantes

Um outro instrumento utilizado foi o contacto com diferentes especialistas procurando informação sobre a utilização do Eletroencefalograma (EEG) no estudo da resposta do cérebro aos estímulos sonoros (ou a outros estímulos sensoriais), na escolha dos métodos de análise dos sinais de EEG, na interpretação dos resultados. A Avaliação de Tecnologia surge, neste item, pela metodologia de comparação das informações fornecidas pelos diferentes especialistas e na articulação e integração dos conhecimentos para a construção do processo de análise de sinal de EEG.

Por fim, e utilizando um instrumento de investigação – o estudo de caso – mas aplicando a metodologia de estudo da AT, foram estudadas algumas crianças com surdez congénita, adaptadas proteticamente em idades diferentes, aplicando os conhecimentos resultantes dos passos anteriores – revisão de literatura, revisão bibliográfica específica e atualização de conhecimentos, comparação de informação proveniente de diferentes especialistas – na análise dos sinais de EEG obtidos para cada criança estudada quando submetida a um estímulo sonoro, comparando os sinais obtidos com e sem as próteses.

A principal questão que surgiu foi direcionada para as Próteses Auditivas e o Eletroencefalograma.

Como se pode então ter a certeza que as ajudas técnicas, “que aquelas” próteses são as Soluções que Resolvem o Problema? Há que encontrar uma forma de avaliar o efeito das próteses auditivas. E porque não utilizar o EEG para mostrar a reação de quem ouve e de como encontrar uma forma “objetiva” de perceber o que o cérebro ouve.

Esta questão obrigou à atualização de informação sobre assuntos básicos, como o processo auditivo (envolvendo desde os aspetos fisiológicos até ao processamento neurológico do som, ao nível do cérebro), a importância da audição no desenvolvimento do indivíduo, passando pelo desenvolvimento tecnológico quer das próteses auditivas quer do EEG (em particular a sua aplicabilidade em diferentes áreas da saúde), até assuntos mais complexos como a resposta do Sistema de Saúde em todas as fases do ciclo de vida e as estratégias e políticas de apoio à decisão.

Ainda dentro da revisão da literatura, utilizou-se a consulta exaustiva de diversos *sites* minimamente relacionados com a temática, levando ao contacto multivariado que incluiu informação de fabricantes de próteses auditivas, equipamentos de EEG, aplicações tecnológicas na interface *brain-machine*, Avaliação de Tecnologia aplicada ao défice auditivo, informação nacional e internacional sobre dados de saúde e contacto com grupos de investigação, entre outros.

A pesquisa direcionada de informação constituiu outro instrumento de AT permitindo definir a melhor forma de analisar os sinais resultantes do traçado do EEG, identificar *softwares* direcionados e articular conhecimentos com investigadores de outras áreas, como a engenharia eletrotécnica e de computação, a otorrinolaringologia e a neurologia.

O EEG é uma tecnologia que se pode utilizar a partir do nascimento, não invasiva, simples de utilizar, económica, existente em praticamente todas as instituições hospitalares, cada vez mais utilizada e em áreas cada vez mais distintas. Sendo hoje um teste amplamente utilizado na clínica como meio auxiliar de diagnóstico neurológico e psiquiátrico, e na investigação. Ao permitir definir que áreas cerebrais surgem associadas a que tipo de estímulos ou de respostas permite também novos conhecimentos em campos como o desvendar dos mistérios do desenvolvimento e da aprendizagem, o reconhecimento de emoções (*affective computing*), o *neuro feedback* (NF, bases para a interface *brain-computer*) e o *neuro marketing*, entre tantos outros.

Devido às suas particularidades e às suas tão vastas aplicações em tão diversas áreas, algumas relativamente recentes e outras emergentes, tudo leva a crer que o EEG será uma tecnologia a usar cada vez mais no futuro, não sendo abandonada nos próximos anos.

Poderá então ser o EEG um instrumento de avaliação do efeito das próteses auditivas, utilizando um protocolo acessível, eficaz e de baixo custo?

Após a identificação à nascença do défice auditivo, a avaliação do efeito das próteses auditivas usando a análise eletroencefalográfica, poderá permitir a criação de um conjunto de opções terapêuticas e de habilitação mais eficaz desde muito cedo. O que se pretende saber é se, qual e como, o cérebro está a usar a informação. Olhar para o cérebro e responder a questões tão importantes como os efeitos de determinada amplificação protética e se estas medidas cerebrais devem ou não ser usadas para a avaliação clínica do desempenho das próteses auditivas.

As informações obtidas a partir deste sentido de investigação poderão ajudar a explicar porque, e como o cérebro de algumas pessoas respondem à re(h)abilitação. Não se pretende que as medidas cerebrais substituam as medidas comportamentais e eletroacústicas que se efetuam durante a adaptação protética, mas sim que todas estas ferramentas possam fornecer informações complementares.

Este estudo pode ter reprodutibilidade para outras populações, para além das crianças com défice auditivo, nomeadamente para indivíduos com outras patologias associadas à surdez, como: défice

cognitivo, demência, indivíduos que sofreram acidente vascular cerebral (AVC), e todos aqueles onde haja dificuldade na avaliação qualitativa do benefício das próteses auditivas.

Considerando a surdez como deficiência sensorial que afeta a comunicação e o inter-relacionamento das pessoas, particularmente limitante na população idosa e nos primeiros anos de vida. E apesar de atualmente a ciência e a tecnologia permitirem a reabilitação auditiva de forma muito aceitável, a utilização do EEG como instrumento de avaliação do efeito das próteses auditivas poderá ser um contributo na seleção e adaptação protética, permitindo a otimização dos benefícios no processo individual de re(h)abilitação e consequentemente a melhoria da qualidade de vida do indivíduo, independentemente da sua faixa etária.

Considerando que a re(h)abilitação deve iniciar-se o mais cedo possível, é importante ter instrumentos que permitam não só perceber realmente se ouve, o que se ouve, mas também como se ouve, ajustando os equipamentos a cada caso.

Assim, com base no anterior pareceu interessante neste estudo de investigação levantar-se a seguinte questão:

Q – Qual o efeito das próteses auditivas (se ouve, o que ouve e como ouve), nas crianças com surdez congénita? E será possível avaliar o efeito das próteses auditivas nas crianças com surdez congénita usando o EEG?

Como **Objeto** do estudo tem-se a avaliação do efeito das próteses auditivas nas crianças com surdez congénita, permitindo definir os objetivos da seguinte forma:

Objetivos Principais:

- 1 - Avaliar o efeito as próteses auditivas utilizando um instrumento acessível, não invasivo.
- 2 - Sugerir a utilização do Eletroencefalograma (EEG) como instrumento de avaliação do efeito das próteses auditivas.

Objetivos Secundários:

- 1 - Utilizar a metodologia de ATS na compreensão da utilização do EEG no mapeamento cerebral quando o indivíduo é submetido a um estímulo sonoro.
- 2 - Verificar, em crianças com surdez congénita, o potencial de utilização do EEG na avaliação do efeito das próteses auditivas.
- 3 - Contribuir para a criação de um algoritmo de avaliação do efeito das próteses auditivas com capacidade para apoiar o clínico na seleção e na adaptação destes equipamentos.

4 - Desenhar um protocolo capaz de validar o EEG na avaliação do efeito das próteses auditivas.

O estudo assenta em quatro partes fundamentais:

A **Parte I**, Introdução.

A **Parte II**, o Enquadramento Concetual, que tem como finalidade a apresentação genérica das principais bases teóricas e concetuais relevantes para a definição do **Problema** e a concretização do **Objetivo do Estudo**. A abordagem utilizada é característica da metodologia de avaliação de tecnologia, com a pesquisa bibliográfica exaustiva sobre os diversos subtemas associados à questão em estudo, e a identificação dos aspetos mais relevantes para apoiar a decisão num tema da saúde específico mas potencialmente muito abrangente.

Na **Parte III**, apresenta-se um estudo de caso como demonstração da aplicabilidade do tema escolhido e da metodologia de ATS. De forma organizada aborda-se a **Importância** e o **Tipo do Estudo**, a **Definição e Seleção da Amostra**, **Critérios de Exclusão**, **Materiais e Equipamentos**, **Procedimentos** e o **Tratamento dos dados**. Nesta mesma parte, é apresentada a **Metodologia** e entra-se no **Estudo de Investigação** propriamente dito, com a **Recolha de Dados**, a **Apresentação e Análise dos Resultados**.

A **Parte IV** onde se procede à **Discussão dos Resultados** considerando ambas as abordagens – a ATS e o Estudo de Caso, os contributos de cada uma para a construção de novas estratégias de estudo da surdez infantil e de apoio à decisão no acompanhamento da reabilitação auditiva. Esta parte inclui as **Conclusões e Estudos Futuros**.

Por fim apresenta-se a **Bibliografia** e como complemento de todo o estudo juntaram-se diversos documentos sob a forma de **Anexos**, contendo informação variada quer sobre o conteúdo da investigação e a metodologia utilizada, quer sobre a análise dos dados.

A figura 1.1 ilustra a estrutura do estudo.

Parte I

- Introdução

Parte II

- Pesquisa bibliográfica direcionada, revisão da literatura e articulação dos conhecimentos resultantes

Parte III

- Estudo de caso, importância e tipo de estudo, definição e seleção da amostra, critérios de exclusão, materiais e equipamentos, procedimentos, tratamento de dados, metodologia, recolha de dados e apresentação e análise dos resultados

Parte IV

- Discussão dos resultados, conclusões e estudos futuros

Bibliografia

Anexos

Figura 1.1 - Estrutura da Tese.
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

PARTE II

ENQUADRAMENTO

CONCETUAL

2.1 AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA – AT

O século XX notabilizou-se, entre outros, pelos inúmeros avanços científicos e tecnológicos alguns deles nem sempre usados para os melhores fins. Pode salientar-se o motor a jato, os satélites geoestacionários, o cinema, a rádio, a televisão, os circuitos integrados, os computadores, os pesticidas, bem como a teoria da relatividade que levaria ao desenvolvimento de armas nucleares, o contraceptivo oral, os antibióticos, o aparecimento da biologia molecular e da engenharia genética, a descoberta das moléculas de ADN, os avanços da farmacologia e da medicina como ex. o transplante de órgãos, e tantas outras descobertas e avanços que melhoraram a qualidade de vida a uma imensidão de pessoas. O mesmo progresso prossegue no século XXI levando igualmente a grandes mudanças no cenário político global.

Atualmente a sociedade vive sobre a proteção e o domínio da ciência e da tecnologia, de forma tão intensa e marcante que faz com que muitos confiem nelas, religiosamente. Tudo gira à volta dos seus atributos, e é natural que as crianças pensem já assim regendo-se pela lógica da eficácia tecnológica e pelas razões da ciência.

No entanto, todos os avanços científicos e tecnológicos não estão isentos de repercussões na sociedade, sendo fundamental não só avaliar os possíveis impactos que inevitavelmente causam e causarão na vida de todos nós, mas também, e principalmente descobrir o irreversível a que as suas aplicações nos conduzirão.

Para contextualizar o problema investigado nesta tese de doutoramento na temática condutora do Programa Doutoral em Avaliação de Tecnologia (AT), adotou-se a definição de Grunwald, bem como a implementação da sua institucionalização e evolução na Europa segundo o ponto de vista de vários investigadores.

Ao definir Avaliação de Tecnologia, como surgiu e evoluiu, o cientista Armin Grunwald cujas áreas principais de trabalho incluem a teoria e a metodologia da avaliação de tecnologia, a ética da tecnologia, a filosofia da ciência e abordagens para o desenvolvimento sustentável. Mostra que as ideias básicas de AT se desenvolveram nas décadas de 60 e 70 do século passado, edificadas com base em experiências anteriores com análise de sistemas onde a vertente metodológica contou com o planeamento e previsão, e a vertente prática com as experiências de assessoria política, desde a década de 50. Ao citar Bimber (1996) salientou que a criação do Office of Technology Assessment (OTA) no Congresso dos EUA em 1972 é frequentemente considerado como o primeiro e o mais importante na implementação institucional de AT.

Segundo Vig e Paschen (2000) citados por Grunwald (2007b) nas décadas seguintes, em muitos países europeus, implantaram-se diversas instalações de AT parlamentares com objetivos semelhantes, mas de diferentes formas institucionais. Segundo Decker e Ladikas (2004) citados no mesmo documento, outras formas de AT correspondentes a diferentes contextos institucionais tinham-se realizado, baseadas em pesquisa para aconselhamento de administrações e autoridades.

Para Grunwald independentemente das diferenças da implementação da AT, esta em geral pode ser caracterizada por uma combinação de diversas contribuições, nomeadamente da pesquisa empírica, do pensamento prospetivo, da produção de conhecimento por meio da inter e transdisciplinaridade, de como lidar com a incerteza, da avaliação racional em questões normativas, dos conselhos aos políticos e da tensão entre a independência científica e as expectativas dos clientes (Grunwald, 2006).

Segundo o mesmo autor, AT mostra de acordo com o seu foco estratégico o conhecimento para a tomada de decisão, estando as suas formas de realização e implementação dependentes da evolução da sociedade, e das suas transformações, como no caso da mudança de regimes de governança.

Citando autores como Joss e Belluci (2002), Rip, Misa e Schot (1995) e Grin, Van Graaf e Hoppe (1997) o autor explicou como as diferentes abordagens de AT têm sido propostas e praticadas para responder às mudanças do contexto social, por ex. A AT participatória, a AT construtiva, a AT interativa e a AT baseada na análise de sistemas ou na inovação e na pesquisa tecnológica. Esta diferenciação nasce da necessidade de dar resposta adequada a diferentes questões, e a diferentes distinções e hipóteses que se relacionam diretamente com as imagens e com os modelos da evolução tecnológica. Esta situação de concorrência teria levado a debates ao vivo entre as várias direções de investigação (inovação tecnológica, sociologia da tecnologia, ética, etc.). Podendo a história da AT ser considerada como uma série de processos de aprendizagem para responder às mudanças da sociedade, e os desenvolvimentos que estariam a ocorrer na interface da tecnologia e da sociedade constituiriam um enorme desafio e impacto sobre as abordagens e sobre as formas como a AT deveria e poderia atuar com sucesso. Considerando que o papel do Estado ou do mercado nas sociedades modernas, e como a formação de AT deveria funcionar em democracia (Grunwald, 2007b).

Ainda, no mesmo documento, Grunwald baseado em opiniões de autores como Stehr (2004), Gibbons et al. (1994), Voss, Bauknecht e Kemp (2006), Martin (1995), Brune et al. (2006), Grunwald e Kopfmüller (2006), Castells (1997), Fukuyama (2002) e Habermas (2001) referiu que mudanças mais específicas relativas à interface entre ciência, tecnologia e sociedade, teriam forte impacto sobre a AT em especial:

- Na globalização da economia e na diminuição da capacidade dos sistemas nacionais tradicionais políticos para governar a mudança tecnológica, em comparação com um papel crescente de empresas globais e instituições supranacionais;
- Na sociedade do conhecimento, com uma importância cada vez maior do mesmo e uma procura para a sua governança;
- Nas novas formas concorrentes de consultoria política, bem como nos novos instrumentos e instituições de governança;

- Nas agendas de pesquisa e estratégias de desenvolvimento tecnológico, bem como na influência das estratégias de desenvolvimento das regiões;
- Nas novas tecnologias emergentes com características transversais como as nanotecnologias e tecnologias convergentes;
- No imperativo internacionalmente reconhecido do desenvolvimento sustentável, que leva a desafios de maior complexidade e interligação das decisões a serem tomadas;
- Na sociedade de redes e na crescente necessidade de envolver as partes interessadas, isto é: as pessoas interessadas e os cidadãos em plena deliberação relativamente aos desenvolvimentos futuros dos processos;
- Nos desafios éticos decorrentes das ciências biomédicas.

Atualmente a AT prende-se com áreas como: Informação, energia nuclear, nanotecnologia, genética, transplante de órgãos e inteligência artificial entre tantas outras. Para além dos desafios atrás descritos é facilmente perceptível que os impactos das novas tecnologias são difíceis de prever até que a tecnologia seja amplamente desenvolvida, difundida e aplicada, e que após a sua difusão é deveras difícil o seu controle ou alteração. Este é um problema com que a AT tem também de lutar e que se designa dilema de Collingridge.

Relativamente à AT em Portugal salienta-se o Grupo de Estudos sobre Avaliação de Tecnologia (**GrEAT**) que surge em 2010, tem o seu campo de atuação localizado neste país e representa atualmente a rede nacional de especialistas em avaliação de tecnologia com atividades nos seguintes domínios:

- Investigação científica e tecnológica;
- Prestação de serviços para entidades públicas (Parlamento, instituições governamentais, organismos públicos) e privadas (empresas, associações, fundações);
- Cooperação com entidades internacionais (Comissão Europeia, Parlamento Europeu, instituições internacionais de investigação e de Avaliação de Tecnologia).

O **GrEAT** surge a partir da articulação de atividades de colaboração do Programa Doutoral em Avaliação de Tecnologia iniciado em 2009 na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT – UNL) e do Instituto de Avaliação de Tecnologia e Análise de Sistemas do Karlsruhe Institute of Technology (ITAS – Alemanha). Este último começou a colaborar com o Programa Doutoral desde o seu início. Em 2013, a rede foi reconhecida com o estatuto de “observador” nas reuniões da European Parliamentary Technology Assessment (EPTA).

O grupo pretende ser uma plataforma para a promoção da reflexão em torno do conceito de “Avaliação de Tecnologia” e agregar todos os interessados na temática.

Na sua página da Web, o GrEAT – Avaliação de Tecnologia (Portugal) apresenta de forma sistematizada os Tipos e Conceitos de AT. Aí refere-se também a existência de conceitos de AT apenas propostos na literatura científica ou que refletem nomes atribuídos por determinadas instituições particulares, e apresentam-se como mais visíveis e utilizados os seguintes:

- **Avaliação de Tecnologia por Peritos, ou AT clássica ou tradicional** – As atividades de AT são realizadas por (uma equipa de) peritos em AT e peritos técnicos. Neste tipo de avaliação, os contributos das partes interessadas ou de outros atores é incluída só através de declarações escritas, documentos e entrevistas, mas não como na AT Participatória;
- **Avaliação de Tecnologia Parlamentar (ATP)** – Quando o desenvolvimento de diversos tipos de atividades de AT tem como destinatário um Parlamento. Este tipo de avaliação pode ser realizada diretamente pelos parlamentares (ex. França ou Finlândia), em seu nome por adjudicação a instituições de AT (ex. Reino Unido, Alemanha e Dinamarca) ou por organizações não diretamente relacionadas com o Parlamento (ex. Holanda e Suíça);
- **Avaliação de Tecnologia Participatória (ATp)** – Este tipo de avaliação consiste em atividades de AT que ativam, sistematizam e envolvem metodologicamente vários tipos de atores sociais como assessores e participantes, bem como diferentes tipos de organizações civis, representantes dos sistemas do estado, e também indivíduos interessados e cidadãos (leigos), cientistas, técnicos e peritos técnicos. As suas metodologias padrão incluem conferências de consensos, grupos especializados, *workshop* de cenários etc. A ATp pode ser dividida entre **ATp peritos-partes interessadas**, e se inclui leigos **ATp pública**;
- **Avaliação de Tecnologia Construtiva (ATC)** – Este conceito de AT foi desenvolvido na Holanda mas foi também aplicado e discutido noutros países, tenta alargar o desenvolvimento de novas tecnologias introduzindo o feedback das atividades de AT no processo atual de construção das tecnologias. Ao contrário de outras formas de AT, a ATC não está vocacionada para influenciar a prática reguladora através da avaliação de impactos da tecnologia, pretende sim envolver assuntos sociais da tecnologia no seu desenvolvimento;
- **Avaliação de Tecnologia Discursiva ou Argumentativa** – Este é o tipo de avaliação que pretende aprofundar o debate político e normativo relativo à ciência, tecnologia e sociedade, e que pretende clarificar e trazer para o escrutínio público e político os pressupostos normativos e visões que motivam os atores que estão a definir socialmente a ciência e a tecnologia. Aborda os efeitos colaterais da mudança tecnológica e lida com os vastos impactos da ciência e tecnologia, e com a questão normativa fundamental: – É legítimo e desejável desenvolver uma determinada tecnologia?
- **Avaliação de Tecnologia em Saúde (ATS)** – Este é um tipo de avaliação especializada que pretende informar os decisores políticos da eficácia, segurança e custos efetivos dos

produtos farmacêuticos e dos tratamentos médicos (Grupo de Estudo sobre Avaliação de Tecnologia – GrEAT, 2011).

Sobre a situação atual da AT na Europa no estudo muito recente de Hennen e Nierling salienta-se o projeto *Parliaments and Civil Society in TA (PACITA)* subsidiado pela União Europeia que visa explorar as estruturas de oportunidades e barreiras para reforçar o conceito de AT em contextos políticos nacionais nos países europeus, onde as infraestruturas não estão até há data estabelecidas para a formulação de políticas, seja em Parlamentos nacionais ou noutro lugar da sociedade.

O estudo incidiu sobre as oportunidades e barreiras para elaboração de políticas para a implementação de AT como um suporte para a ciência e a tecnologia em sete países europeus, muitos dos quais não têm quaisquer atividades significativas ou instituições neste domínio.

A tabela 2.1 mostra uma visão geral da situação atual face à AT nos sete países do estudo, Bélgica/Valónia, Bulgária, Hungria, Irlanda, Lituânia, República Checa e Portugal.

Tabela 2.1 - Atividades de AT nos 7 países europeus.

País	Atividades de AT
Bélgica/Valónia	Processos de reforma e modernização em curso; alguns cientistas implicados na pesquisa orientada e aplicada, em campos como a ciência na sociedade, estudos de Ciência e Tecnologia (C&T), estudos ambientais; programas de doutoramento; uma série de institutos que trabalham nesta área; história anterior de debate no seu sistema político. Várias iniciativas, para estabelecer competências de AT relacionadas com o governo e o Parlamento; decisão oficial de criar um instituto de AT no momento em que se iniciaram as atividades de investigação; Parlamento e governo apontados como os principais endereços; decreto parlamentar para AT em 2008; estudos aconselham o uso das instituições existentes para futuras atividades de AT, a fim de beneficiar da competência académica nacional em C&T, interesse especial expresso para incluir aspetos de participação numa futura unidade de AT, seja para criar a primeira, ou para melhorar os da experiência nacional com os métodos de participação, ou para incluir as partes interessadas e do público na tomada de decisões políticas em C&T no futuro.
Bulgária	Pouca influência das Academias de Ciência, pouca experiência com a interdisciplinaridade e com a investigação orientada para o problema, associadas à falta de pessoal treinado é problemática; recomendações nacionais apresentam o “modelo de rede”, cuja principal função é aumentar a consciência de C&T na sociedade e nos decisores em campos políticos relevantes. Considera útil começar com um projeto piloto (como na fase inicial de algumas instituições de AT europeias instituídas nas décadas de 80 e 90 do século passado).
Hungria	Influência das Academias de Ciência nacionais que têm sido o contacto com AT ou com atividades relacionadas, tradições de pesquisa orientada para o problema e aplicação de metodologias relevantes para AT (ex. prospetiva, cenários futuros e indicadores para o desenvolvimento sustentável); são as decisoras em matéria de C&T; pessimismo no contexto político atual sobre o desenvolvimento e viabilização de uma unidade de AT no futuro, a existir, o melhor será construir uma instituição de AT integrada em instituições já existentes, que atuam ao nível governamental com responsabilidades de acompanhamento e avaliação de C&T.

Tabela 2.1 – Continuação.

País	Atividades de AT
Irlanda	Processos de reforma e modernização em curso; alguns cientistas implicados na pesquisa orientada e aplicada, em campos como a ciência na sociedade, estudos de C&T, estudos ambientais; programas de doutoramento; uma série de institutos que trabalham nesta área; percepção de AT como algo existente em termos de planeamento estratégico e avaliação de medidas políticas, e da necessidade de abrir as estruturas existentes a grupos existentes e ao público em geral, atividades e estruturas existentes não ligadas à AT europeia; iniciativas do Parlamento para explorar a necessidade e opções de AT como instituição parlamentar; início de processo para lançamento de decreto parlamentar; estudos aconselham o uso das instituições existentes para futuras atividades de AT, a fim de beneficiar da competência académica nacional em C&T, interesse especial expressa para incluir aspetos de participação numa futura unidade de AT, seja para criar a primeira, ou para melhorar os da experiência nacional com os métodos de participação, ou para incluir as partes interessadas e do público na tomada de decisões políticas em C&T no futuro.
Lituânia	Pouca influência das Academias de Ciência, pouca experiência com a interdisciplinaridade e a investigação orientada para o problema, associada à falta de pessoal treinado é problemática; é fornecida assessoria política ao Parlamento e aos ministérios; recomendações nacionais apresentam o “modelo de rede”, cuja principal função é aumentar a consciência de C&T na sociedade e nos decisores em campos políticos relevantes. Considera útil começar com um projeto piloto (como na fase inicial de algumas instituições de AT europeias instituídas nas década de 80 e 90 do século passado).
Portugal	Tem havido algum debate no Parlamento sobre AT; o Parlamento é o principal destinatário das atividades de AT; as instituições mais ativas são as académicas; programa doutoral internacional focado especificamente em AT; duas redes com foco académico forte relacionadas com AT (GrEAT, Biociência); início de processo para lançamento de decreto parlamentar; estudos aconselham o uso das instituições existentes para futuras atividades de AT, a fim de beneficiar da competência académica nacional em C&T, interesse especial expresso para incluir aspetos de participação numa futura unidade de AT, seja para criar a primeira, ou para melhorar os da experiência nacional com os métodos de participação, ou para incluir as partes interessadas e do público na tomada de decisões políticas em C&T no futuro.
Republica Checa	Influência das Academias de Ciência nacionais que têm sido o contacto com AT ou atividades relacionadas, são as decisoras em matéria de C&T, tradições de pesquisa orientada para o problema, pesquisa interdisciplinar e aplicação de metodologias relevantes para AT (ex. prospetiva, cenários futuros e indicadores para o desenvolvimento sustentável); participação da Academia de Ciências em projetos financiados pela UE sobre conceitos e metodologias de AT; estabelecimento do Conselho Checo de AT em Saúde; participação em várias atividades europeias de prospetiva; pessimismo no contexto político atual sobre o desenvolvimento e viabilização de uma unidade de AT no futuro, a existir, a melhor será construir uma instituição de AT integrada em instituições já existentes, que atuam ao nível governamental com responsabilidades de acompanhamento e avaliação de C&T.

Fonte: Traduzido e adaptado de Hennen e Nierling (2014).

Segundo os autores qualquer tentativa de promover e estabelecer AT tem de ter em conta as situações dos países em causa, que diferem em muitos aspetos da situação em 1980 e 1990, quando a primeira onda de institucionalização de AT ocorreu em Parlamentos nacionais na europa. Mostram que faltam debates públicos sobre políticas de Ciência e Tecnologia em alguns desses países e que a formulação de políticas assenta essencialmente na modernização do sistema de Investigação e Desenvolvimento a fim de manter-se ao nível da concorrência global (Hennen & Nierling, 2014).

O estudo mostrou relativamente a Portugal que o Parlamento é o principal destinatário das atividades de AT, onde tem havido algum debate e já se deu início ao processo para lançamento de decreto

parlamentar. As instituições mais ativas são as académicas que contam com um programa doutoral internacional focado especificamente em AT. Existem duas redes com foco académico forte relacionadas com AT: o GrEAT e a Biociência. Os estudos aconselham o uso das instituições existentes para futuras atividades de AT, a fim de beneficiar da competência académica nacional em C&T. Há interesse especial expresso para incluir aspetos de participação numa futura unidade de AT, seja para criar a primeira, ou para melhorar os da experiência nacional com os métodos de participação, ou para incluir as partes interessadas e do público na tomada de decisões políticas em C&T no futuro.

Atualmente o GrEAT conta com 4 grupos de trabalho: GT1 – AT em Saúde; GT2 – Indicadores de AT; GT3 – Transportes e Mobilidade; GT4 – Análise Prospetiva. Entre as diversas participações em atividades, salientam-se as mais recentes, tal como a primeira vez em que foi ouvido na Audição Parlamentar da Comissão de Educação Ciência e Cultura (CECC) da Assembleia da República, em fevereiro de 2014. O convite foi endossado para conhecer a rede e as atividades onde tem estado envolvida ou que tenha coordenado. Aí evidenciou-se que as informações sobre as atividades realizadas em Portugal no âmbito da AT eram ainda muito limitadas. A rede foi considerada como interlocutor fundamental no processo de criação de uma unidade de avaliação de tecnologia no Parlamento português.

Em Julho de 2014 decorreu em Tóquio um *workshop* sobre AT organizado em conjunto pelo Research Institute of Science and Technology for Society – RISTEX, pertencente à Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia – JST, pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa – FCT – UNL e pelo Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse – ITAS, (Karlsruhe Institute of Technology).

Em Outubro de 2014 teve a primeira participação presencial na reunião de diretores e na conferência do European Parliamentary Technology Assessment (EPTA) em Oslo, representado por Brandão Moniz¹. Ambas as participações decorreram no Parlamento norueguês. O tema da conferência “*Productivity and New Technologies – Consequences for Work and Welfare*” levou à abordagem de temáticas como: *Productivity and Technology; Policies and Trends; Advanced Manufacturing in High-Cost Countries; 21st Century Skills* e *Will Robots Create Unemployment or Welfare?*

De 25 a 27 de Fevereiro de 2015 realizou-se em Berlim a 2ª Conferência Europeia de Avaliação de Tecnologia organizada pelo projeto europeu PACITA com o tema geral proposto “Próximo Horizonte de Avaliação de Tecnologia” que contou com a participação de alguns membros do GrEAT.

Desde a constituição da rede que os seus membros têm estado envolvidos passiva ou ativamente em eventos académicos como as escolas de inverno, as conferências doutorais, *reading labs* e outras atividades do programa doutoral em AT da FCT – UNL, e igualmente em eventos nacionais e internacionais como: Seminários, *workshops*, *summer schools* e conferências, bem como em estudos e relatórios entre tantos outros.

¹ António Brandão Moniz, Coordenador do Programa Doutoral em Avaliação de Tecnologia da FCT, UNL.

A opinião de Grunwald expressa pela sua experiência mostra-se em consonância com o estudo mais recente de Hennen e Nierling, quer na definição que apresenta de AT, quer na sua implementação que cumpre os mesmos objetivos, salientando-se também a importância dos diversos contextos institucionais na influência das diversas formas de AT, que, como os últimos autores referem, qualquer tentativa de promover e estabelecer AT tem de ter em conta as situações dos países em causa, que diferem em muitos aspetos da situação em 1980 e 1990.

A realidade da situação dos diversos países europeus face à AT apresenta grandes diferenças tais como: encontrarem-se em processo de reforma e modernização; possuírem alguns cientistas implicados na pesquisa orientada e aplicada para a ciência, tecnologia e a sociedade; apresentarem essas competências a nível parlamentar ou do governo; apresentarem como instituições mais ativas, as académicas; apresentarem falta de pessoal treinado e pouca experiência com a interdisciplinaridade, entre outras.

Relativamente aos investigadores referidos neste ponto sobre AT, percebe-se o consenso quanto à necessidade de uma representação de ciência e de tecnologia que evidencie a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, como produto resultante de fatores culturais, políticos e económicos. Em democracia esta dimensão social deve ser entendida para que possa contar com a participação pública dos cidadãos nas decisões.

É importante salientar que apesar do avanço da disseminação da informação, a compreensão dos problemas que determinada tecnologia ou avanço científico podem causar a curto ou a longo prazo, e porque se especula sobre o mesmo assunto, ainda não é perceptível (Pinheiro, N., Silveira, R. & Bazzo, W., 2009).

Assim, o movimento ciência, tecnologia, sociedade – CTS, com duas correntes principais, a europeia e a norte americana trata do estudo das inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, procura entender os aspetos sociais do desenvolvimento técnico científico, analisa os benefícios, consequências sociais e ambientais que podem causar, e também a procura de um maior envolvimento da população nas decisões que envolvem o contexto à qual pertencem, sendo um importante campo de trabalho voltado para a investigação académica e para as políticas públicas (Pinheiro, 2005).

A sistematização de Rip sobre as preocupações subjacentes à AT desde os anos 60 do século passado até à atualidade e particularizando as especificidades de ATS, revela-se interessante face ao atrás referido. Para o autor as preocupações de ordem prática e política sobre as incertezas envolvidas no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias foram o terreno fértil para a AT na década de 60 do século XX. Uma resposta da altura era tentar gerir as incertezas através de uma combinação de tecnologia de previsão e desenvolvimento de técnicas de debate e avaliar os impactos. Na década de 80, uma filosofia de AT, já reconhecível na década de 60, tornou-se amplamente aceite, baseada na antecipação de impactos e feedback, a fim de reduzir os custos

sociais face à aprendizagem de lidar com tecnologia na sociedade em vez de se basear na tentativa erro.

Quanto às principais vertentes na variedade de abordagens e atividades de AT, no que concerne a setores específicos, tais como os cuidados de saúde, a AT funciona como um instrumento para determinar a aceitabilidade de um projeto, ou uma nova opção de produto ou tecnologia, em relação ao interesse público, e em políticas sobre o setor. O mesmo autor refere relativamente à assistência médica e sanitária a AT como sendo uma especialidade reconhecida com a sua própria sociedade e reuniões internacionais, focando-se em avaliações baseadas em evidências de atividades médicas concretas e de cuidados de saúde e opções (análise custo-benefício, análise de risco), e não sobre os impactos.

As questões de saúde sempre tiveram um papel importante entre os projetos do OTA. O relatório *Opportunities for assessment* (OTA 1976, sobre o Desenvolvimento das Tecnologias Médicas) foi o primeiro a apresentar os objetivos, os temas e a metodologia de Avaliação de Tecnologia em Saúde (ATS), e a lançar pela comunidade internacional a profissão de especialistas em ATS.

Esta evidência levaria a que se desenvolvesse durante as décadas de 70 e 80 do século XX, uma ramificação de AT com amplitude internacional especialmente dedicada a questões de saúde visando apoiar a tomada de decisão, fornecendo informações completas sobre as condições e as consequências da implementação de novas tecnologias. Considerando as unidades de AT parlamentares que atuam sobre uma vasta gama de tecnologias e áreas de política tecnológica seguindo a agenda do discurso político e sendo a AT restrita a um determinado campo de aplicação de tecnologia e a um conjunto particular de problemas. A razão pela qual a ATS ganhou importância e conquistou espaços gradualmente em hospitais, institutos de pesquisa médica, órgãos de administração de cuidados de saúde nacionais, entre outros deveu-se à explosão de custos no setor dos cuidados de saúde causados pelas novas tecnologias (Hennen, 2001).

Em 1977, no relatório final de um projeto sobre o papel da ATS financiado pela União Europeia que sublinha a importância do custo versus benefício médico, aparece a seguinte caracterização de ATS:

"ATS... inclui estudos sobre as consequências éticas e sociais da tecnologia, fatores que aceleram ou impedem o desenvolvimento e difusão de tecnologias em saúde, os efeitos das políticas públicas de difusão e utilização das tecnologias da saúde sugerindo mudanças nessas políticas, e os estudos de variação no uso de tecnologias".

No mesmo relatório salienta-se, "A parte mais importante da ATS é determinar, quanto possível os benefícios e os custos financeiros de uma determinada tecnologia ou grupo de tecnologias. Tendo os estudos como objetivo principal melhorar *value for money* em cuidados de saúde" (Banta et.al., 1997; Hennen, 2001).

Segundo Hennen (2001) ATS ocupou-se principalmente e continua a ocupar-se com estudos sobre a avaliação económica dos custos causados pelas novas tecnologias para o sistema de saúde e, por

outro lado, com a avaliação clínica da eficácia e da segurança de novas tecnologias e tratamento médico em relação à saúde do paciente. Hennen salientou que quando se trata de novas tecnologias de diagnóstico e de terapêutica a ATS considera:

- O paciente (a sua saúde, segurança, direito de saber);
- A tecnologia (o seu desempenho e os custos);
- O parecer do perito médico (a sua educação/formação, os problemas de tomada de decisão médica, questões de boas práticas médicas).

Também em 2001 Banta e Oortwijn apresentaram os resultados e as conclusões principais do projeto HTA Europe que foi financiado pela Comissão Europeia. Neste projeto várias instituições europeias de ATS desenvolveram relações, cujo resultado levaria a diversos projetos europeus com o objetivo da exploração da criação de redes eficazes relativamente à ATS e aos Cuidados de Saúde na União Europeia. Nessa data, os cidadãos dos dezasseis países da UE eram contemplados com um acesso universal aos serviços de saúde, tendo o sistema de saúde de cada país evoluído a partir das decisões baseadas nas preferências sociais e culturais.

A tabela 2.2 mostra uma visão geral das atividades de ATS nos então dezasseis países da União Europeia.

Tabela 2.2 - Atividades de ATS nos 16 países europeus.

País	Atividades de ATS
Alemanha	Interesse substancial e crescente em ATS; discussões ativas sobre como institucionalizar a ATS, interesse e apoio do Ministério Federal da Saúde, que financiava relatórios de ATS.
Áustria	Pequena atividade de ATS na Academia Nacional de Ciências; alguns estudos e análises.
Bélgica	Alguns estudos e análises; pouco impacto na política.
Dinamarca	Programa nacional criado em 1997; estudos e análises por mais de 10 anos, às vezes com impacto político considerável.
Espanha	Conselho Consultivo para a Alta Tecnologia criado em 1984 na Catalunha; evolução que conduz à Agência Catalã de ATS em 1994; <i>Office</i> para ATS criado no País Basco em 1992; Agência Espanhola Nacional de ATS criada em 1994; Agência Andaluza de ATS criada em 1996.
Finlândia	Longa história de interesse em ATS; agência de avaliação FinOHTA criada em 1995.

Tabela 2.2 – Continuação.

País	Atividades de ATS
França	Agência nacional criada em 1989; o nome foi alterado para (ANAES) em 1997; aumento do uso de cobertura como uma política de gestão de tecnologias em saúde, formação de uma nova agência no final de 1997 para expandir atividades de ATS em França, cada vez mais atenção à relação custo-eficácia.
Grécia	Alguns estudos e análises; em 1997, uma lei criou e foi implementada a Agência Nacional de ATS.
Holanda	Longa história do interesse em ATS; fundo nacional criado para ATS em 1988; estudos de política efetuados pelo Conselho Holandês da Saúde e por outros; muitos documentos de política por parte do governo e de organizações de consultoria; crescente uso de ATS em decisões de cobertura; grande atividade no campo de pesquisa; criado mecanismo de coordenação nacional para ATS.
Itália	Número de estudos e de análises crescente; crescimento do impacto político; fraca institucionalização, tanto a nível regional como nacional.
Irlanda	Alguns estudos e análises; interesse crescente; planos de criação de um comité nacional de ATS.
Luxemburgo	Pequena atividade, no entanto, o interesse estava a crescer.
Portugal	Alguns estudos e análises; interesse crescente; discussões sobre a criação de uma agência nacional de ATS.
Reino Unido	Atividade substancial a todos os níveis; programa nacional dentro do departamento do <i>Health R&D Programme</i> ; grande e crescente investimento em ATS; grande atenção à definição de prioridades e divulgação dos resultados; criação de várias instituições importantes, incluindo o Centro de Coordenação Nacional para a ATS e a primeira de uma rede internacional de Centros <i>Cochrane</i> .
Suécia	Atividade substancial a todos os níveis; agência nacional (SBU) criada em 1987; expansão contínua do mandato e orçamento da SBU para abranger todos os aspetos dos cuidados de saúde; crescente impacto sobre a política.
Suíça	Cobertura política ativa e explícita com base em ATS; muitas opções políticas cobertas; atividade de pesquisa substancial; em criação o mecanismo de coordenação nacional para as atividades de ATS.

Fonte: Traduzido e adaptado de Banta e Oortwijn (2001).

Apesar da importância crescente que a ATS foi adquirindo na formulação das políticas de saúde em diversos países, surgiram também problemas chave tais como: os prestadores clínicos foram pouco influenciados pela avaliação; os avaliadores não tinham aprendido a chegar ao público em geral e também a necessidade dos consumidores serem parceiros nos processos de ATS (Banta & Oortwijn, 2001).

Ainda com muito por fazer, nos países que desenvolveram ATS, os níveis das suas políticas, eram de uma forma geral bons, e mostravam grande progresso nesta matéria. Os autores referem cinco pontos fundamentais:

- Identificação: monitorização das tecnologias; definição de prioridades;
- Testes: recolha de dados e análise;
- Síntese: recolha e interpretação de informação existente;
- Divulgação: prover informação de ATS aos utilizadores;
- Implementação: ajudar a garantir a aplicação dos resultados de ATS.

Os governos de diversos países da União Europeia tomaram a iniciativa de estimular a ATS através de uma série de ações considerando a “ATS, como parte da política de investigação (...) devendo ser abordada como uma ponte entre a pesquisa clínica e a formulação de políticas. Isto significa que a excelência científica deve ser acoplada à relevância social” (Banta e Oortwijn, 2001). O autor salientou o facto do projeto HTA-Europe, bem como o projeto EUR-ASSESS visarem melhorar a coordenação da ATS na União Europeia, sendo que a recomendação principal do relatório é no sentido da Comissão Europeia auxiliar o estabelecimento de tal mecanismo de coordenação.

É importante que se entendam as especificidades das Tecnologias da Saúde e da Avaliação de Tecnologias da Saúde. Quanto à primeira, inclui a prevenção e reabilitação, vacinas, medicamentos, dispositivos médicos e procedimentos cirúrgicos, e os sistemas dentro dos quais a saúde é protegida e mantida. Relativamente à segunda pode dizer-se que é um campo multidisciplinar de análise política que estuda as implicações médicas, sociais, éticas e económicas do desenvolvimento, difusão e uso de tecnologias da saúde.

Silva et al. (2008) quando citaram Goodman (2004) referiram que “Segundo a International Network of Agencies for Health Technology Assessment, as tecnologias da saúde devem ser entendidas como intervenções, técnicas, medicamentos, equipamentos, procedimentos e sistemas organizacionais aplicados na prestação de cuidados de saúde”.

Quanto mais cedo uma tecnologia é avaliada, melhor se compreende a sua (in)eficácia, sendo a ATS determinante na consolidação de conhecimentos que contribuem para a melhoria da qualidade dos cuidados de saúde, pela elaboração e atualização de normas, diretrizes e políticas de saúde. Os resultados da ATS permitem aconselhar as agências reguladoras dos serviços de saúde relativamente à permissão do uso de determinada tecnologia, prover conhecimento aos utentes, fornecedores e empregadores sobre a introdução das tecnologias nos planos de saúde, advertir os clínicos e os utentes sobre a adequação dos cuidados de saúde às necessidades clínicas, específicas de cada utente, apoiar as decisões de desenvolvimento e comercialização dos produtos tecnológicos, bem como aconselhar novos investimentos e persuadir os dirigentes nacionais à implementação de políticas de inovação tecnológica (Silva et al., 2008).

Salientam a necessidade de "...colocar condições e critérios para uma utilização mais alargada dos estudos de avaliação interdisciplinares das tecnologias da saúde no processo de decisão e de governança clínica no sistema de saúde, designadamente em Portugal, e parece-nos essencial que isso aconteça por forma a melhorar a eficiência das novas tecnologias e a qualidade inerentes à utilização das mesmas".

Existem em todo o mundo diversas organizações que avaliam a Tecnologia de Saúde. A necessidade de cooperar e compartilhar informações de diferentes países fez surgir em 1993 a International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA). Esta é uma organização sem fins lucrativos que inclui 57 agências de 32 países, pertencentes à América do Norte e Latina, Europa, África, Ásia, Austrália e Nova Zelândia. Todos os membros são organizações sem fins lucrativos que fazem ATS e estão ligados ao governo regional ou nacional. A sua preocupação principal prende-se com informar os decisores do setor público, contribuindo para a tomada de decisão quer na introdução de novas tecnologias, quer no apropriado uso das tecnologias já existentes, utilizando a melhor evidência científica sobre as implicações médicas, sociais, económicas e éticas de investimentos em saúde.

Estando a tecnologia amplamente definida para incluir medicamentos, dispositivos, procedimentos médicos e cirúrgicos utilizados na assistência à saúde, bem como medidas de prevenção e reabilitação de doenças e os sistemas organizacionais e de apoio em que os cuidados de saúde são prestados. A avaliação inclui:

- Identificar provas, ou falta de provas, sobre os benefícios e os custos de intervenções de saúde;
- Sintetizar resultados de pesquisa em saúde sobre a efetivação de diferentes intervenções de saúde;
- Avaliar as implicações económicas e análise de custo e custo-efetividade;
- Apreciar implicações sociais e éticas da difusão e utilização de tecnologias em saúde, bem como as suas implicações organizacionais;
- O processo de ATS ajuda a identificar as melhores práticas na área da saúde, melhorando assim, a segurança, a qualidade e a economia de custos (Busse et al., 2002).

Na Europa existe também a EUnetHTA que é uma rede de organizações governamentais (dos Estados-Membros da UE. Países da UE-adesão, além de EEA e dos países da EFTA), diversas agências regionais relevantes e organizações não-lucrativas que produzem ou contribuem para a ATS. Surgiu para criar uma rede eficaz e sustentável para a ATS em toda a Europa, ajudando o desenvolvimento, prestando informação atempada, transparente e confiável, e constituindo uma plataforma de comunicação, intercâmbio e desenvolvimento (EUnetHTA, s.d.; Rüther, 2010).

Os Hospitais são os principais pontos de entrada para novas tecnologias em saúde, mas apesar disso, muitas vezes não têm *know-how* nem recursos para avaliá-las. Sob o 7º Programa-Quadro de Investigação, a União Europeia financia o projeto AdHopHTA (Adopting Hospital based HTA in the EU), que promove a aplicação de ATS de alta qualidade em ambientes hospitalares, onde aqueles que tomam as decisões são informados do valor provável de uma tecnologia em saúde para uma organização específica de saúde. Este projeto para além de desenvolver ferramentas para a coordenação entre as iniciativas formais ATS-hospitalares existentes contribuirá para uma melhor ligação com as agências nacionais e regionais de ATS (AdHopHTA, s.d.).

Atendendo a que na maioria dos países da UE, a avaliação das tecnologias de saúde é um dos elementos básicos da tomada de decisões sobre saúde, desempenhando um papel fundamental, a Comissão Europeia Saúde Pública pretendeu melhorar a cooperação entre os Estados-Membros através de uma ação conjunta durante o período de 2010 a 2012 visando:

- “Estabelecer orientações claras sobre o que pode ser conseguido da melhor forma a nível da UE em matéria de avaliação das tecnologias da saúde;
- Evitar a duplicação do trabalho das agências nacionais;
- Difundir os conhecimentos em benefício de todos os países da UE;
- Reforçar as avaliações levadas a cabo pelos países da UE;
- Desenvolver instrumentos de gestão transparentes, nomeadamente para os interessados na matéria;
- Produzir um determinado número de avaliações científicas comuns sobre intervenções, dispositivos médicos e produtos farmacêuticos;
- Aplicar as recomendações do fórum farmacêutico sobre a eficácia relativa dos produtos farmacêuticos” (Comissão Europeia, s.d.).

Relativamente a Portugal com o aparecimento do GrEAT surge o **Grupo de Avaliação de Tecnologia em Saúde (GT1)**.

À margem da 67ª Assembleia Mundial da OMS que decorreu Entre 19 e 24 de maio de 2014 em Genebra, o ministro da Saúde de Portugal, assinou um acordo de colaboração de dois anos com a OMS, denominado *Biennial Collaborative Agreement (BCA)*. O primeiro de quatro acordos teve início em 2006, tendo sempre Portugal e a OMS colaborado na avaliação do Sistema de Saúde Português. A monitorização e a avaliação das políticas de Saúde são feitas de forma independente, tendo sido avaliado o anterior Plano Nacional de Saúde (PNS), e apoiado o atual em áreas como a Saúde Mental, o Impacto da Urbanização da Saúde e o Impacto na Saúde de políticas de outros setores.

O acordo atual estabelece doze projetos que incluem a Avaliação de Tecnologias da Saúde e a Governança em Saúde e irá estreitar a colaboração entre Instituições do Ministério da Saúde e a OMS, beneficiar do apoio fornecido por consultores e centros nacionais de excelência no desenvolvimento de estudos, e da troca de experiência com outros países e também da possibilidade de mostrar as suas boas práticas a nível internacional.

Em 2014, nos dias 26 e 27 de junho decorreu em Lisboa o 4º Fórum Nacional da Saúde onde se debateram assuntos tão importantes como: A Estratégia *Health 2020 – The European Policy for Health and Well-being* da OMS; a Apresentação do Relatório da OMS sobre a implementação do PNS 2012-2016, a situação atual da implementação e a divulgação da Monitorização do mesmo Plano; e a reflexão sobre o Futuro do Planeamento da Estratégia de Saúde. Este evento organizado pela Direção-Geral da Saúde para além de pretender ser um reforço da implementação do PNS 2012-2016 visou a articulação entre os níveis de planeamento nacional, regional e local.

No quotidiano português Diário de Notícias de 28 de Julho de 2014 pode ler-se como notícia de Inovação, que as farmacêuticas serão obrigadas a devolver dinheiro se o medicamento não resulta. Devendo em 2015 começar a avaliação de resultados de medicamentos e dispositivos, considerando três áreas prioritárias como: a Oncologia, a Hepatite C e a VIH/Sida, onde um Novo Sistema de Avaliação de Tecnologias vai permitir cortar ou tirar participação em caso de ineficácia.

Desde há 15 anos que a Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, Instituto Público – INFARMED, I.P. é quem efetua a ATS para a tecnologia-medicamento, que visando a maior importância para a sustentabilidade do Serviço Nacional de Saúde, à semelhança do percurso de alguns países europeus, está a avançar para a criação de um Sistema Nacional de Avaliação de Tecnologias de Saúde – SINATS. Na atualidade a ATS prende-se apenas com o medicamento, no que respeita à avaliação da efetividade relativa e custo-efetividade. Com o SINATS pretende-se implementar um sistema global abrangente de outras tecnologias da saúde.

Segundo a Assessoria de Imprensa do INFARMED, I.P. “O SiNATS é um conceito inovador na avaliação de tecnologias de saúde em Portugal”. É um projeto estratégico que permitirá comparar as diferentes tecnologias de saúde, reforçar a informação no processo de tomada de decisão no âmbito do financiamento público e promover a avaliação do valor das tecnologias financiadas ao longo do seu ciclo de vida em função da obtenção dos ganhos em saúde. Este modelo irá incluir a integração de novas tecnologias de saúde, como é o caso dos dispositivos médicos, e a sua implementação visa maximizar os ganhos em saúde e a qualidade de vida dos cidadãos (Associação Portuguesa de Engenharia e Gestão da Saúde – APEGSAUDE, 2014).

A avaliação de uma tecnologia da saúde como cerne da aplicação desta tese de doutoramento cujo tema investigado é a “Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica” permite uma abordagem do tipo de Avaliação de Tecnologia em Saúde – ATS.

Nos últimos anos tem sido rápido o progresso na compreensão dos processos genéticos, moleculares e celulares por trás da surdez. Os investigadores estão a aplicar estes novos conhecimentos na

proliferação de células estaminais, medicina regenerativa, bioengenharia, nanotecnologia e outras especialidades para restaurar a surdez. Não sabendo de onde virá a resposta, todas as abordagens são promissoras até se encontrar a mais pragmática e viável. Assim este estudo, cuja abordagem se faz através de uma tecnologia de saúde, a prótese auditiva, utilizando o EEG, outra tecnologia de saúde, para avaliar o seu efeito na capacidade de ouvir, na realidade enquadra-se na metodologia de Avaliação de Tecnologia em Saúde, podendo acrescentar algo aos estudos e publicações anteriores e atuais de AT, em particular em ATS e em português.

Ambas as tecnologias usadas neste estudo estão desde há longos anos implementadas na Saúde, no entanto, a metodologia aplicada que é por si igualmente um instrumento de AT, merece a designação de inovadora. Com o avanço das Neurociências é algo que começa a despoletar interesse nos investigadores, seja baseados, em estudos de há já uns anos, acerca dos quais não se observou continuidade, seja pelo interesse tão atual de se estudar as próteses auditivas e a sua conexão com o cérebro. Mais do que prever potenciais efeitos negativos que já se sabe não existirem, é importante identificar-se novos instrumentos que acrescentem informação para o ajuste individual maximizado da prótese auditiva. Por se tratar de uma tecnologia que está a surgir de forma inovadora, este estudo poderá ser um contributo para exercícios de AT.

O tipo de abordagem deste estudo permite também um contributo ativo dos diversos atores sociais, como sejam em particular, Audiologistas, Otorrinolaringologistas, Pediatras, Neurologistas, Engenheiros Biomédicos, Pessoas com deficiência auditiva, Cuidadores da pessoa com deficiência auditiva e Fabricantes de próteses auditivas. A participação de todos os envolvidos para além de fazer parte de um processo que ajude a identificar as melhores práticas clínicas, bem como a qualidade e economia de custos, tem como finalidade ajudar os decisores na tomada de decisão, quer sejam decisores ligados às políticas de saúde, quer sejam aqueles que na sua prática clínica se deparam com a seleção e a adaptação protética.

2.2 SÓCIO ECONOMIA DA INOVAÇÃO EM SAÚDE

Inovação foi definida pela primeira vez em 1934 por Joseph Schumpeter, economista austríaco que precisou: “Inovação é um novo produto, um novo processo de produção ou uma nova forma de organização”. Na década de 70 do século XX, este conceito deixa de estar ligado somente à economia, e passa a abranger áreas como a sociologia, a psicologia, a engenharia, a gestão e a geografia, tendo sido definida por Rogers e Schoemaker em 1971 como “(...) uma nova ideia, uma nova prática ou um novo material a ser utilizado num dado processo”, posteriormente acrescentou-se a inovação administrativa, técnica, organizacional, quer nos produtos, quer nos processos.

Hoje o conceito de Inovação aparece associado a originalidade e a novidade, e essencialmente a algo relevante e único, podendo definir-se pela novidade em termos de conhecimento aplicado para a criação de novos produtos e processos, realizando um percurso complexo, que inclui mecanismos de

feedback e interação, conhecimento científico e tecnológico, produção, políticas públicas, resultados, comunicação e empreendedorismo (Observatório Português dos Sistemas de Saúde, 2008).

Quanto à Inovação em Saúde pode dizer-se que tradicionalmente prendia-se essencialmente com a ideia da mudança, ou associada à tecnologia, encontrando-se atualmente um novo paradigma de inovação cuja abordagem se determina numa saúde pública criativa e inclusiva, vista como área de intervenções conexas, pró-ativas com uma base de fundamentação científica e empenhada no desenvolvimento socioeconómico, gerador de mais-valias comuns.

Num contexto social e científico-tecnológico, López e seus colaboradores observaram que a sociedade de um modo geral tende a considerar que quanto maior for a produção científica, tanto maior será a produção tecnológica que leva ao aumento de produção de riqueza e consequentemente ao bem-estar social. Para os autores este tipo de perceção origina o que designam de “modelo linear” de desenvolvimento: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social. Neste modelo em que a tecnologia surge como uma aplicação da ciência, qualquer estudo ou consideração que se faça em relação à ciência, faz-se igualmente sobre a tecnologia (López et al., 2013).

A visão anterior, positivista do desenvolvimento leva a crer que a ciência e a tecnologia só proporcionam bem-estar à sociedade, no entanto, os objetivos e interesses sociais, políticos, militares e económicos que estimulam o uso das novas tecnologias são os mesmos que implicam largos riscos, uma vez que o desenvolvimento científico-tecnológico e os seus resultados não são livres dos seus interesses (Bazzo, 1998).

Nas sociedades contemporâneas os produtos e serviços para os sistemas de saúde representam uma atividade económica relevante, em particular nos setores que produzem medicamentos, equipamentos e materiais diversos para os sistemas de saúde (Rosenberg, 1994).

Nesse âmbito “A inovação terapêutica tem sido, e continua a ser, um importante motor da melhoria dos indicadores de saúde em todo o mundo, conduzindo a uma progressiva melhoria da qualidade de vida das populações, do seu estado de saúde e controlo de doença, da sua longevidade e produtividade, e da diminuição da taxa de mortalidade através da cura de doenças anteriormente fatais” (Escoval, A. (Coord.), 2014).

No entanto, autores como Novaes em 2006, na sua análise sobre “Da produção à avaliação de tecnologias dos sistemas de saúde: desafios do século XXI” aponta a complexidade dos processos resultantes da introdução de novas tecnologias na saúde, assim como o fraco impacto das políticas que procuram impedir, controlar ou redirecionar a sua utilização, considerando que as mesmas políticas parecem ter um impacto difuso e mais difícil de mensurar quando se trata de práticas profissionais, de gestão e das solicitações da população. Por isso atribui-se maior importância às questões relacionadas com o uso de rotina das tecnologias, o que contribui, no mínimo, para que situações extremas sejam evitadas. A autora salienta os desafios que surgem continuamente, entre eles, o desenvolvimento da biotecnologia que vem alterar os modelos que até então, estiveram na

base dos procedimentos de diagnóstico e terapêutica. Segundo a sua opinião quando citou Clarke e seus colaboradores, esta irá transportar as sociedades da *medicalização* para a *biomedicalização*, com a mudança da normalização das tecnologias para a terapia direcionada (individual), cujas repercussões são difíceis de prever (Clarke, Mammo, Fishman, Shim & Fosket, 2003).

Nas últimas décadas, diversos países têm adotado amplamente políticas científicas com os objetivos da produção de conhecimentos em saúde, incorporando na legislação o incentivo à pesquisa, desenvolvimento e inovação em saúde. No mesmo sentido têm sido propostas políticas científicas e tecnológicas na mesma área, que incluem políticas de desenvolvimento da ATS. Sendo necessário avaliar os impactos da ATS na gestão e introdução de tecnologias nos sistemas de saúde.

A ATS permite a análise do valor monetário de qualquer tipo de cuidados de saúde prestados. Considerando a reduzida disponibilidade de recursos dos sistemas de saúde, a ATS pode contribuir para a informação e a melhorar atribuição desses recursos para obter o melhor resultado, isto é, como prestar cuidados de saúde “rentáveis”. Relativamente à introdução de técnicas, equipamentos, procedimentos, novos fármacos e/ou mudanças organizacionais a ATS constitui uma abordagem preciosa para tomar decisões informadas sobre que cuidados de saúde devem ser comprados e quais os preços que são aceitáveis, levando em conta a sustentabilidade do sistema de saúde.

Na implementação de inovação na saúde há um elevado número de parâmetros que necessitam ser levados em conta. Não se pode olhar para o custo de uma tecnologia, procedimento ou outros processos de inovação específicos e decidir se são ou não demasiado caros. É necessário olhar igualmente para os benefícios obtidos, englobando, o paciente, os sistemas de saúde, a sociedade e a economia em geral.

Estes conceitos de Inovação em Saúde são partilhados pela Associação Portuguesa das Empresas de Dispositivos Médicos – APORMED, para quem a “Avaliação das Tecnologias para a Saúde é cada vez mais eleita como a melhor maneira para fazer apreciações económicas (...) que têm que ser equilibrados com uma apreciação holística dos benefícios obtidos” (APORMED, s.d.).

De igual forma, no Plano Nacional de Saúde – PNS 2011-2016, Política do Medicamento, Dispositivos Médicos e Avaliação de Tecnologias em Saúde pode ler-se “...a avaliação das tecnologias deve ser um dos instrumentos principais de avaliação dos meios de execução do Plano Nacional de Saúde, uma vez que o objetivo principal do PNS é maximizar os ganhos em saúde sustentáveis da população...”. No mesmo documento do Alto Comissariado da Saúde, relativamente aos requisitos para a implementação da avaliação das tecnologias, pode ler-se também “A avaliação deve cobrir a generalidade das tecnologias e daí que as metodologias atualmente utilizadas em Portugal sejam insuficientes por se restringirem praticamente aos medicamentos. Mas mesmo estas devem ser aperfeiçoadas designadamente nas seguintes dimensões:

- Melhoria da informação disponibilizada para a elaboração dos estudos de avaliação, em particular da informação epidemiológica e sobre a prática clínica corrente;

- Elaboração e publicação de uma tabela de custos unitários de cuidados;
- Maior transparência das decisões com envolvimento dos agentes afetados na discussão das soluções, e publicação (com salvaguarda da informação confidencial) dos estudos de avaliação”.

No documento salienta-se também a grande diversidade de áreas de aplicação, bem como a elaboração generalizada de estudos de avaliação das tecnologias que exige a existência de organizações especializadas que consigam juntar a realização dos estudos com a investigação clínica e epidemiológica (Ministério da Saúde, 2010a).

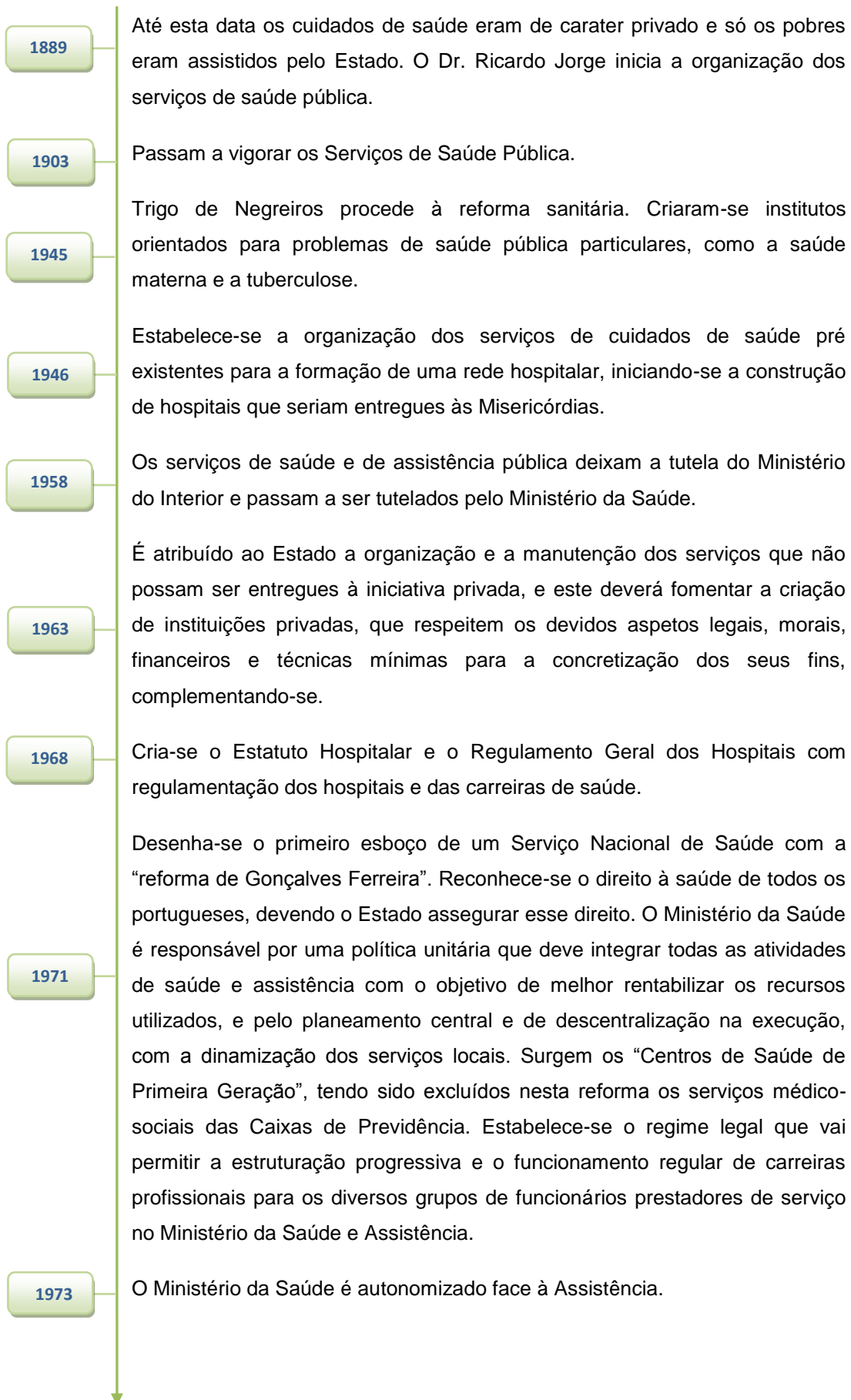
Nas últimas décadas têm-se desenvolvido políticas científicas com a finalidade de produzir conhecimento em saúde. Em Portugal há semelhança de outros países tem-se verificado o incentivo à pesquisa, desenvolvimento e inovação em saúde e têm sido igualmente propostas políticas de desenvolvimento da avaliação de tecnologias em saúde.

Tem-se assistido igualmente a um crescimento contínuo dos gastos em saúde, que começam a atingir um valor cada vez mais significativo do Produto Interno Bruto – PIB. A inovação poderá reduzir os custos dos tratamentos inovadores, obviamente com a certeza de manter o acesso de cuidados de qualidade. Do mesmo modo a energia das instituições e das empresas traduz-se na aptidão de criar ideias inovadoras e convertê-las em produtos ou serviços de valor acrescentado, onde o empreendedorismo e a inovação são fundamentais ao estímulo da mudança, com melhoria do desempenho e da situação económica. No que concerne à inovação organizacional com vista à melhoria da gestão e da produtividade, esta pode relacionar-se com o trabalho menos burocratizado e modernizado, e com a simplificação dos processos onde não haja repetição das mesmas tarefas.

2.2.1 Evolução do Sistema de Saúde em Portugal – Pequena Resenha Histórica

O Serviço Nacional de Saúde (**SNS**) foi estabelecido em Portugal pela Lei nº56/79, de 15 de setembro, que institui uma rede de órgãos e serviços prestadores de cuidados globais de saúde a toda a população, através da qual o Estado salvaguarda o direito à proteção da saúde. Até então a assistência médica era da competência das famílias, das instituições privadas e dos serviços médico-sociais da Previdência.

Ao longo dos tempos a organização dos serviços de saúde foi influenciada pelos conceitos religiosos e político sociais das épocas que atravessava vocacionando-se para responder ao aparecimento das doenças.



1974

O Ministério da Saúde é transformado em Secretaria de Estado da Saúde e integrado no Ministério dos Assuntos Sociais. Surgem as condições políticas e sociais que irão permitir a criação do SNS.

1976

Aprova-se a nova constituição que dita que todos os cidadãos têm direito à proteção da saúde e o dever de a defender e promover. Tal direito deverá concretizar-se através de um serviço nacional de saúde universal, geral e gratuito, cabendo prioritariamente ao Estado garantir o acesso a todos os cidadãos, independentemente da sua condição económica, aos cuidados da medicina preventiva, curativa e de reabilitação, e também dar cobertura médica e hospitalar, racional e económica a todo o país. Todos os recém-licenciados em medicina para ingressarem na carreira médica devem prestar um ano de serviço na periferia.

1978

O “Despacho Arnault” surge como uma antecipação do SNS abrindo o acesso aos Serviços Médico-Sociais a todos os cidadãos, independentemente da sua capacidade contributiva, garantindo-se a universalidade, generalidade e gratuidade dos cuidados de saúde e a comparticipação nos medicamentos.

1979

No âmbito do Ministério dos Assuntos Sociais, é criado o SNS, que garante o acesso a todos os cidadãos, independentemente da sua condição económica e social, bem como aos estrangeiros, em regime de reciprocidade, apátridas e refugiados políticos. Este serviço contempla todos os cuidados integrados de saúde, a promoção e vigilância da saúde, a prevenção da doença, o diagnóstico e tratamento dos doentes e a reabilitação médica e social. Apesar de ser de acesso gratuito deixa em aberto a possibilidade de criação de taxas moderadoras para racionalização da utilização.

1981

Aprova-se a carreira de enfermagem e as administrações regionais de cuidados de saúde (ARS).

1982

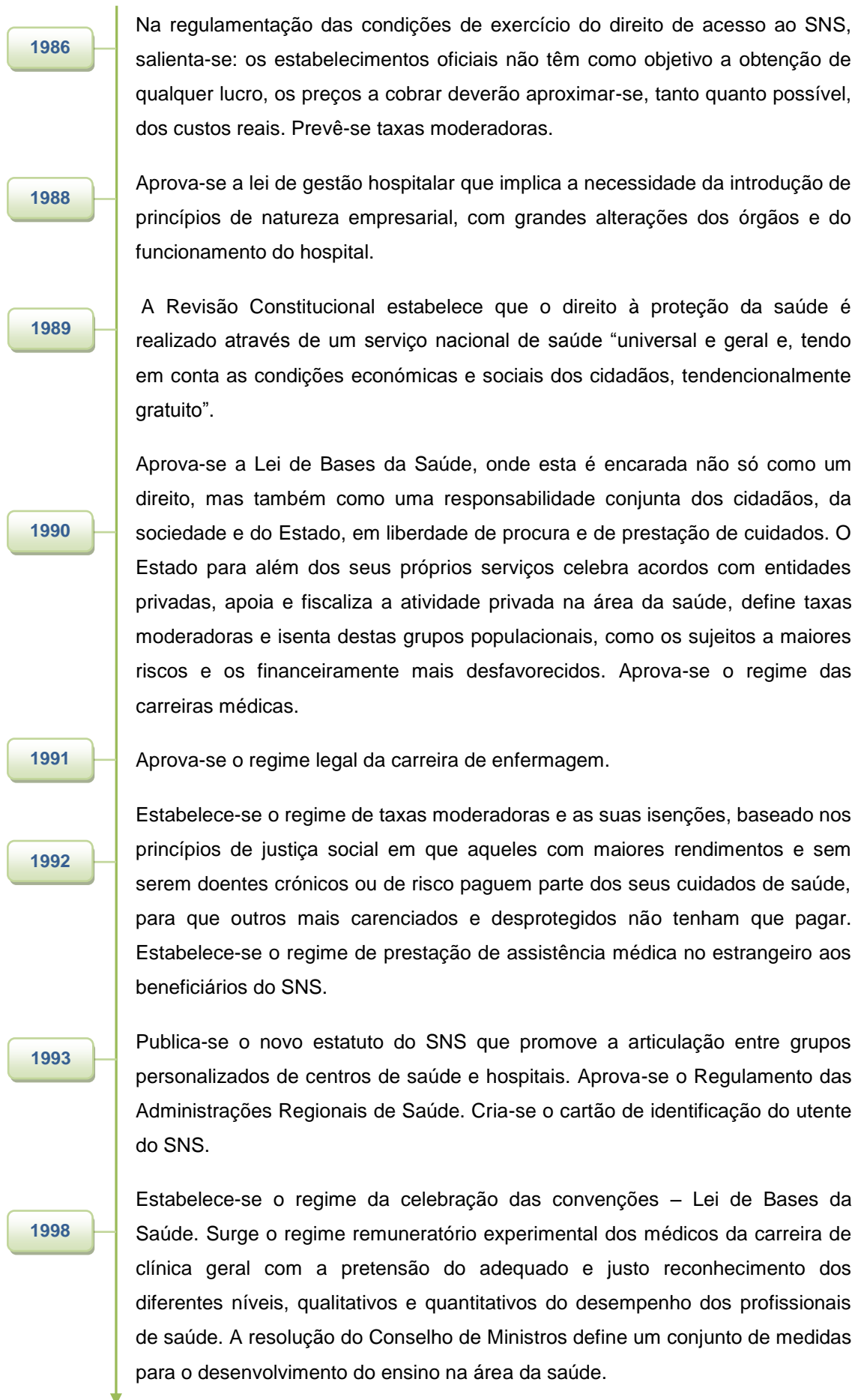
O SNS passa a ter autonomia administrativa e financeira, e surge a carreira médica de Clínica Geral.

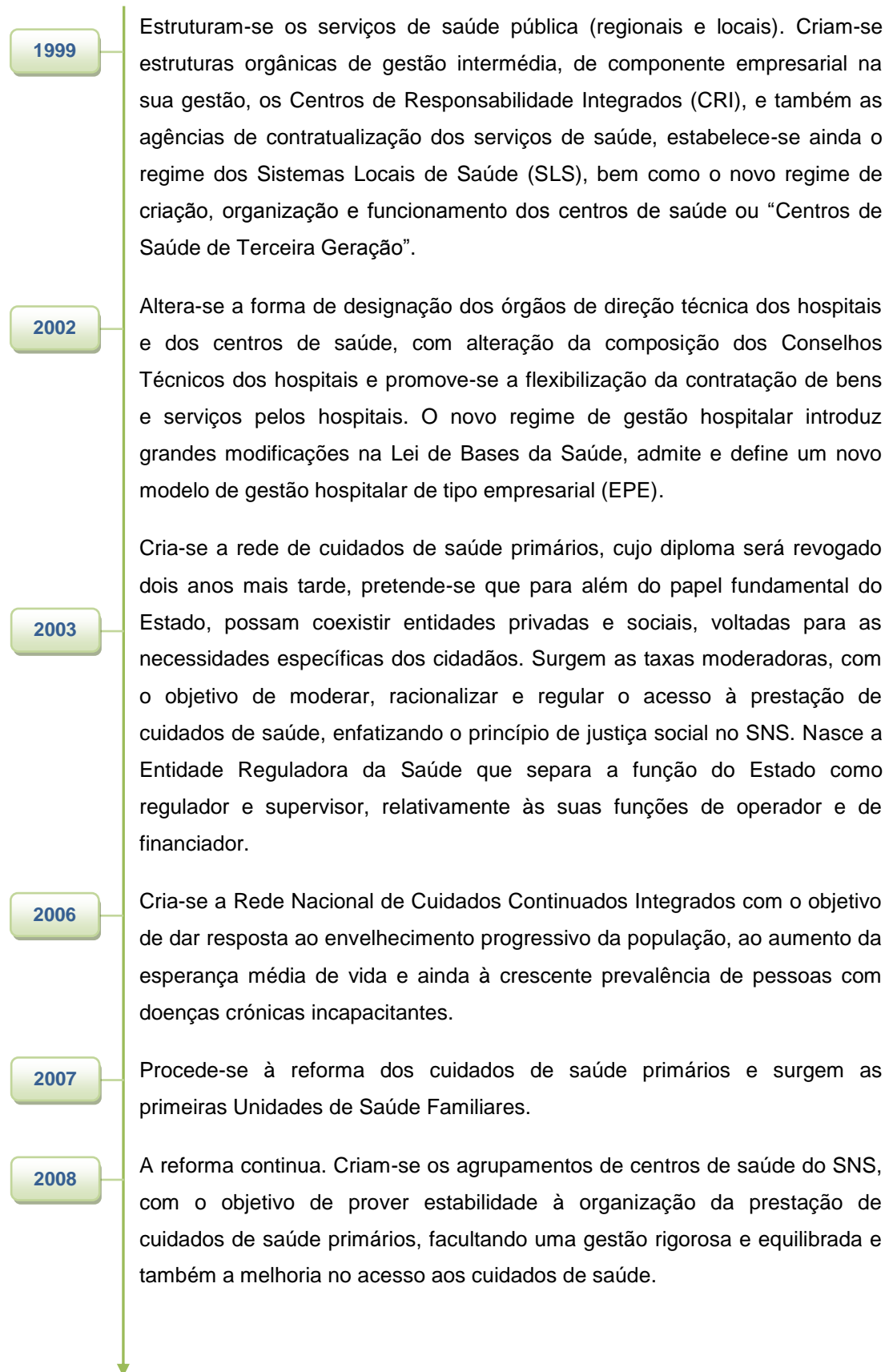
1983

Cria-se o Ministério da Saúde, e surgem os “Centros de Saúde de Segunda Geração”.

1984

Extinguem-se os serviços médico-sociais da Previdência com a criação da Direção-Geral dos Cuidados de Saúde Primários.





2009

Assiste-se à reestruturação e à organização dos serviços de saúde pública aos níveis regional e local, articulando com a organização das administrações regionais de saúde e dos agrupamentos de centros de saúde. Com base na perspectiva da modificação do perfil de saúde e doença das populações observada nas últimas décadas, atendendo entre outros, à evolução das condições ambientais do planeta, às alterações dos estilos de vida e à globalização.

Em 15 de setembro de 2014 o SNS completou trinta e cinco anos da sua existência, para além de constituir um pilar de proteção da saúde, de bem-estar e de coesão social em Portugal, contribuiu para que o país evidencie diversos valores de indicadores de saúde entre os melhores do mundo, devendo merecer o empenho de todos os portugueses para o seu aperfeiçoamento, reforço e desenvolvimento (Ministério da Saúde, 2010b).

Para o crescimento e sustentabilidade de uma sociedade, na saúde tal como em todas as outras áreas é necessário o desenvolvimento de inovações tecnológicas, cabendo ao governo impulsionar o desenvolvimento e avaliar se os recursos disponibilizados às instituições responsáveis pela Inovação Tecnológica, através da respetiva gestão e difusão de novas tecnologias e produtos, cumprem os objetivos propostos. A avaliação serve para prestar contas à sociedade e retroalimentar o sistema, podendo ser feita através do retorno dos recursos usados por determinada instituição, a partir dos resultados alcançados, e também sobre o impacto e as consequências dos diversos projetos. Para um retorno social efetivo devem gerar-se conhecimentos e tecnologias para os problemas mais básicos ou mais abrangentes, mais específicos ou mais regionais. No que concerne à avaliação do benefício sobre a saúde humana pode dizer-se que esta não é uma tarefa fácil (Consulting, IT & Outsourcing Professional Services – Everis, 2013).

2.2.2 Aplicações Industriais das Novas Tecnologias (Tecnologias da Informação e da Comunicação – TIC, Nanotecnologias, Biotecnologia) em Saúde

As Tecnologias Convergentes (**TC**) constituídas por uma área abrangente de interação da pesquisa em Tecnologia da Informação, Nanotecnologia, Biotecnologia e Ciência Cognitiva – *Converging Technologies for Improving Human Performance* criam possibilidades inimagináveis para diversos fins, entre eles, o da saúde humana.

Em 2003 a Comissão Europeia publicou o documento “*Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*”, onde de acordo com o mesmo documento “Os cidadãos da Europa beneficiarão das TC se elas forem implementadas visando, entre outros, os **cuidados de saúde**, o

processamento da informação e comunicação, a mitigação ambiental, e as fontes de energia e outras áreas de interesse público e pessoal” (Ministério da Saúde, 2010c).

Também no Relatório decorrente do *Cost Foresight 2030, Benefiting from Digital Revolution, Workshop on Life Enhancement*, se colocam as **Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC)**, no cerne de cuidados de saúde e das biociências².

A inovação industrial convergiu orientando-se, recentemente para as **Nano ciências e Nanotecnologias**, apostando no estudo dos fenómenos e manipulação dos materiais numa escala do muito pequeno, ao nível atómico, molecular e macromolécula. Alterando radicalmente a abordagem da produção industrial desde as propriedades, desenho, caracterização, produção de estruturas, peças e sistemas pelo seu tamanho e forma passando a trabalhar numa escala nano métrica (10^{-9}). Presentemente já se encontram em diversos produtos usuais como automóveis, telemóveis, tecidos, calçado desportivo, protetores solares, cosméticos e medicamentos. De igual forma a inovação industrial é já uma realidade em setores como a agropecuária, energia, tratamento de água, microeletrónica, aeroespacial, naval, comboios, siderurgia, têxtil, cerâmica e revestimentos, cimento, materiais compostos, plásticos e polímeros, cosméticos, estomatologia, **diagnóstico e prevenção de doenças e medicamentos direcionados**.

O reconhecimento da importância da nano ciência e da nanotecnologia, embora ainda desconhecidos os seus impactos económicos e científicos, levou diversos países desenvolvidos como os EUA, o Japão e os da Comunidade Europeia a traçarem iniciativas nacionais e/ou regionais de incentivo e de financiamento nestas áreas alcançando novos patamares de competitividade nas suas empresas. O reconhecimento do potencial da nano ciência e da nanotecnologia levou também a que diversos países em desenvolvimento orientassem as suas iniciativas para a melhoria da qualidade de vida das suas populações, com apostas na agricultura, na energia, no ambiente e na **saúde pública**, entre outros setores (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2010).

A **Biotecnologia**, utilizada desde 1800 aC, em particular na produção de alimentos e bebidas, através da fermentação, adquire notoriedade nos nossos tempos, quando Herbert Boyer introduziu numa bactéria o gene responsável pela fabricação da insulina humana, fundamental para diabéticos. Na atualidade, uma das suas maiores utilidades é a produção de biocombustíveis, sendo também utilizada entre outras, na produção de alimentos (geneticamente modificados) mais resistentes a pragas e à seca, mais tolerantes a herbicidas e enriquecidos em nutrientes e vitaminas, e na **produção de medicamentos**.

Em jeito de “aparte” para a saúde destaca-se as aplicações biotecnológicas, em particular na transferência de genes de uma espécie para outra, que constitui um campo próprio de trabalho de pesquisa aplicada, com benefício para a saúde, e consequentemente para as sociedades, por

² As recomendações apontadas neste *Workshop Report* podem ler-se em *COST Foresight 2030, Benefitting from the Digital Revolution, Workshop on Life Enhancement, 30 June to 2 July 2009*.

exemplo, pela **produção de hormonas humanas e vacinas** (Organización de Estados Iberoamericanos, 2002).

Em Portugal o BIOCANT, Centro de Inovação em Biotecnologia, surge através do investimento da Câmara Municipal de Cantanhede, do Centro de Neurociências e Biologia Celular da Universidade de Coimbra e do financiamento com fundos da Comunidade Europeia disponibilizados para o efeito. É o primeiro Parque Tecnológico que tem como objetivo patrocinar, desenvolver e aplicar o conhecimento avançado na área das ciências da vida, e que estabelece uma estratégia de desenvolvimento que promove o empreendedorismo e o crescimento económico, tornando-se por um lado, potencialmente autossustentável e, por outro, incubador de projetos e de pequenas empresas de inovação tecnológica/industrial e até de conhecimento (Centro de Inovação em Biotecnologia – BIOCANT, 2012).

2.2.3 Saúde e Inovação

Atendendo ao facto de estar relacionada com melhorias para a saúde das populações, a inovação em saúde tem vindo a tornar-se cada vez mais importante. Existe a tendência de associação da inovação em saúde, a uma nova técnica, a um novo procedimento, ou até ao novo sistema informático. Sabendo-se que se prende com ruturas nas formas de comunicar e gerir o conhecimento e a informação, necessitando de criatividade e cooperação entre as organizações.

Segundo o Relatório de Primavera 2008 – Sistema de Saúde Português – Riscos e Incertezas, a aplicação de inovação em saúde, deverá transformar o conhecimento nesta área em produtos facilmente alcançáveis, bem como serviços e procedimentos em pelo menos três domínios como:

- Promover a aplicação da saúde no desenvolvimento social e individual;
- Facilitar a comunicação e interação entre o público, as várias organizações da saúde e os governos;
- Fomentar o crescimento económico através do investimento na saúde em ambientes com suportes físicos e sociais e em centros de tecnologias da saúde.

Particularmente no setor da Saúde em Portugal, o Plano Tecnológico que surgiu em 2005, teve um papel preponderante na inovação nesta área, aproximando as universidades à tecnologia, e as duas à reforma da saúde. O Plano apresentou medidas como:

- Concetualização, desenvolvimento e implementação do processo eletrónico, com o objetivo de facilitar a comunicação de dados clínicos eletrónicos entre unidades prestadoras de cuidados de saúde, de modo a garantir decisões baseadas na informação mais adequada;

- 112L, através da criação de um sistema que permite a localização geográfica digital das chamadas efetuadas para o 112, quer provenientes de telefones fixos ou móveis;
- Criação do Sistema Integrado e Desmaterializado de Gestão da Informação Técnica, Económica e Financeira, no domínio dos medicamentos e produtos de saúde através de mecanismos informatizados assente em bases de dados relacionais e multidimensionais;
- Dinamização da produção e desenvolvimento do *cluster* da indústria farmacêutica nacional e dos produtos de saúde, de modo a mobilizar as empresas para a investigação e para o desenvolvimento;
- Implementação e exploração de um centro de atendimento para o público do SNS, através de um contrato em regime de Parcerias Público-Privadas (PPP), entre a Direção geral de Saúde e um consórcio privado para a instalação de um centro de atendimento ao público, que cobre todos os residentes em Portugal (Relatório de Primavera 2008 – Sistema de Saúde Português – Riscos e Incertezas. OPSS, 2008-10-09).

Seguindo as políticas de apoio à inovação da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e da UE, para além da estratégia de Lisboa, surge o Programa Integrado de Apoio à Inovação (PROINOV) e a Agência de Inovação (AdI), resultante de uma parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (através da Fundação para a Ciência e Tecnologia – FCT) e do Ministério da Economia e Inovação (através do IAPMEI e PME – Investimentos).

Em 2008 a visão da inovação em saúde torna-se mais abrangente, e percebe-se a necessidade de mais e melhor informação e também de maior iniciativa, levando através da promoção e da proteção da saúde a uma melhor utilização dos serviços, também da liderança local de profissionais com iniciativas inovadoras, de serviços locais com maior empreendedorismo, de estratégias de ativação do conhecimento e da utilização de tecnologias de informação e de comunicação, devendo o setor da saúde ser encarado como um grande contribuinte e beneficiário do desenvolvimento da sociedade em rede e da economia do conhecimento.

Em novembro de 2008 a Associação Portuguesa para a Promoção da Saúde (APPSP) e a European Public Health Conference – EUPHA, organizaram em conjunto a XVI Reunião Anual da EUPHA, tendo sido Portugal o anfitrião, sob o tema “*i-health: health and innovation in Europe*”. Os destinatários foram todos os profissionais, estudantes e decisores ligados à Saúde, em particular os que trabalhavam ou se interessavam pela Saúde Pública. Teve dois objetivos principais: promover a saúde pública em Portugal, pela participação ativa de um número crescente de profissionais nas atividades da EUPHA, essencialmente pelo trabalho nas secções científicas e estruturas da EUPHA; e promover a reflexão e o debate europeus sobre o tema “Inovação em Saúde” no seguimento das recomendações da Estratégia de Lisboa para uma sociedade baseada no conhecimento.

A Inovação surge logo quando a Conferência EUPHA 2008 se articulou com a Conferência anual da Associação de Escolas de Saúde Pública na Região Europeia (ASPHER), com o tema *"innovation and modernization in research and education in Public Health"*, com a reunião bianual da Sociedade Espanhola de Saúde Pública e administração de Saúde (SESPAS), com o tema *"The necessary updating of health planning"*, e ainda com a Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Hospitalar (APDH), e com o Congresso Internacional dos Hospitais, com o tema *"Innovation and Quality in Health"*. Estes quatro eventos aproximaram as quatro organizações cimentando a estratégia de ação da EUPHA para os anos seguintes, assente nas áreas da investigação; prática de saúde pública; formação e treino e políticas de saúde.

A cooperação das organizações, tornam mais dinâmico o seu papel e mais forte a sua voz na Europa, transformando a federação de associações altamente ligadas à investigação científica – EUPHA, numa federação de associações e outros atores interessados em participar ativamente, assente no esforço coletivo, organizado e orientado para uma melhor saúde para todos os europeus.

Portugal deu um excelente contributo com a organização da Conferência Europeia de Saúde Pública e, em simultâneo, com a criação do Banco Europeu de Inovação em Saúde, *i-health Bank* (repositório de projetos inovadores na área da saúde na europa) – que se estendeu para além do Banco Português de Inovação em Saúde. O projeto tinha sido apoiado pelo ministério da Saúde e apresentado em junho do mesmo ano na reunião anual da APPSP, promovendo um novo conceito de inovação em saúde.

O Banco de Inovação em Saúde é uma base de dados *on-line* de utilização simples, focada na identificação, recolha, análise, aperfeiçoamento, disseminação e promoção da inovação em saúde, onde se podem pesquisar os projetos quer por palavras-chave, quer por área de classificação. As áreas de classificação consideradas são: Políticas de Saúde, *"Clusters"* regionais/nacionais na área da saúde, Indústria do bem-estar (físico e psicológico), Gestão e organizações de saúde, Qualidade de vida e apoio aos idosos, Genómica, Gestão de programas de saúde pública e ameaças, Promoção da saúde (estilos de vida saudáveis) e Gestão da doença (*iHealth Innovation Bank*, s.d.; Abreu, 2008).

2.2.4 Casos de Inovação em Saúde

O que é apenas novo ou original não é necessariamente inovador. O conceito de inovação está associado a novidade, a originalidade, mas essencialmente ao facto de ser algo único e relevante.

Apresentam-se alguns exemplos de inovação em saúde retirados do Relatório de Primavera 2008 – Sistema de saúde Português – Riscos e Incertezas. OPSS, 2008-10-09, onde se pode ler que o Banco de Inovação inclui dois tipos de inovações em saúde: "As inovações em políticas de saúde, conduzidas por *policy makers*, legitimadas pelas autoridades públicas, cujo paradigma se encontra na sua concetualização, nos princípios de boa governança, no papel do cidadão, na filosofia

organizacional, na utilização da informação e do conhecimento, na orientação para os resultados e na utilização eficiente dos recursos da comunidade”; “As inovações em termos de processos, produtos e serviços em que o paradigma se encontra no processo criativo na tradução do conhecimento em produtos serviços e procedimentos tangíveis, que de alguma forma resultem em valor acrescentado nas interações sociais e no crescimento económico”.

No mesmo Relatório os projetos inovadores na área da saúde foram selecionados tendo em conta quatro áreas: cuidados de proximidade, organizações hospitalares, proteção e promoção da saúde e informação e comunicação e cidadania.

Relativamente aos projetos da área dos cuidados de proximidade a inovação relacionou-se com as Unidades de Saúde Familiar (USF), e a reforma dos cuidados de saúde primários com a apresentação do “Pentágono Virtuoso” da USF Marginal – Cascais. Com a “Boa Prática no uso de antibióticos” da USF Tornada – Caldas da Rainha. Com o “Serviço de atendimento telefónico” da USF FF – Fernão Ferro, e ainda com a experiência de criação de um agrupamento de centros de saúde, que permitiu demonstrar a inovação desenvolvida nos cuidados próximos das populações e das comunidades.

Quanto aos projetos da área das organizações de saúde, a inovação relacionou-se com o “Boletim da grávida informatizado” do Centro Hospitalar da Cova da Beira. Com a “Teleconsulta de Dermatologia” do Hospital Distrital de Évora. Com a “Prevenção da infeção hospitalar” do Hospital do Barreiro. Com a “Consulta aberta inserida na urgência” do Hospital CUF. Com a “Plataforma de Integração da Informação” do Hospital de Santa Maria. Com a “Plataforma de gestão integrada da doença” da Direção geral da Saúde e com os “Serviços partilhados em saúde” dos Serviços de Utilização Comum dos Hospitais. Tendo demonstrado o movimento relativo à inovação, nas diversas organizações de saúde públicas ou privadas de cunho individual ou geral.

Quanto aos projetos da área da proteção e promoção da saúde, a inovação relacionou-se com a “Capacitação do cidadão” resultante de uma parceria entre a região de Setúbal e a Escola Nacional de Saúde Pública. Com “Uma janela aberta à família”, do Instituto da Droga e da Toxicodependência do Departamento Regional do Algarve. Com o “Observatório para a Segurança Rodoviária”. Com o Projeto Seixal Saudável. Com o “Estudo da cultura recreativa como instrumento de prevenção da Rede Europeia de Profissionais de Prevenção”. Com a “Saúde ambiental em emergências, desastres e catástrofes” resultante da parceria entre o Instituto Ricardo Jorge e a Escola Nacional de Saúde Pública. Com o programa “Saúde Oral” da Direção Geral da Saúde e com as “Estratégias locais de saúde – meta da obesidade” do Centro de Saúde de Santa Marta de Penaguião, tendo demonstrado que a inovação está presente na área da promoção e proteção da saúde em diversos níveis de ação.

Relativamente aos projetos da área da informação, comunicação e cidadania, a inovação relacionou-se com o “Banco de Informação de Pais para Pais”, uma IPSS. O “I – cidadão”, resultante de uma parceria entre a Associação de Diabéticos do Barreiro e da Escola Nacional de Saúde Pública. O “Quiosque do Tabagismo” resultante de uma parceria entre a Escola Nacional de Saúde Pública e a

Universidade do Kansas. A apresentação dos sistemas de informação nos cuidados de saúde primários da USF Dafundo e da USF São Julião da Figueira da Foz. Com o “Contributo das Farmácias para a Inovação em Saúde” da Associação Nacional de Farmácias. Com o *call centre* “Saúde 24” da Direção geral da Saúde e com o “Sistema de informação para a contratualização” resultante de uma parceria entre a Novabase e a Administração Central do Sistema de Saúde, tendo demonstrado que a inovação no contexto da informação e da comunicação não se limita aos sistemas e tecnologias de informação.

Com o objetivo do desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras e de baixo custo para profissionais da saúde, pacientes e cuidadores surgiu em 2011 o projeto TICE: Healthy-Sistemas para a saúde e qualidade de vida que reuniu diversos investigadores e entidades utilizadoras como unidades de saúde entre as quais os Hospitais da Universidade de Coimbra e vinte empresas, e cujo orçamento foi de 7,5 milhões de euros a ser subsidiado pelo Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN). Este projeto foi liderado por investigadores do Instituto Pedro Nunes da Universidade de Coimbra e pela empresa HIS – E-Health Innovation Systems, Lda. Deveriam criar uma plataforma que disponibilizasse serviços e produtos de saúde inovadores, previamente testados e validados, utilizando como suporte a internet. Entre eles estariam o *Mind.Care* direcionado para as doenças mentais degenerativas, o *AskPharma* que pelo uso de um assistente virtual forneceria aos profissionais da saúde informação sobre medicamentos ou princípios ativos e o *Be.Aware* que faria a recolha automática de informação sobre a localização de utentes, profissionais e equipamentos, permitindo a informação em tempo real das diversas interações (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2011).

2.2.5 Evolução Recente, Situação Atual e Perspetivas Futuras

O estudo efetuado pelo Instituto Superior de Economia e Gestão, da Universidade Técnica de Lisboa para o Health Cluster Portugal, Polo de Competitividade da Saúde (Novembro de 2010) apresentou a **Realidade Específica do Sistema de Saúde em Portugal**, onde pode ler-se:

- A prestação de cuidados de saúde no nosso país beneficiou nas décadas recentes de um aumento apreciável dos níveis de produção e qualidade;
- Portugal apresenta indicadores de saúde e bem-estar;
- Os nossos níveis de eficiência-custo na prestação de cuidados hospitalares apresentam-se desfavoráveis face a países de rendimento per-capita próximo do nosso país;
- Ocorreu no nosso país um reforço claro dos recursos humanos, equipamentos e tecnologias;

- Existem em Portugal problemas de organização do trabalho dos médicos, sendo patente o envelhecimento da classe médica, e o Sistema de Saúde apresenta um baixo rácio de enfermeiros por médico;
- A nossa despesa em saúde per-capita (pública e total) tem crescido continuamente, mas apresenta ainda registos em níveis inferiores aos padrões médios do mundo desenvolvido;
- O crescimento da despesa em saúde em Portugal foi mais suportado pela despesa pública, claramente acima do ritmo de evolução do PIB português, ultrapassando, de forma inequívoca, os registos médios da OCDE e da UE;
- Observa-se em Portugal um peso superior da despesa em fármacos na despesa total em saúde face à média da OCDE;
- A política do medicamento no nosso país tem sido fortemente monopolizada pela redução do preço dos medicamentos de marca e pela promoção dos genéricos;
- Existe em Portugal uma suborçamentação crónica do SNS associada a um crescimento muito forte da despesa total e pública em saúde, colocando ao país um problema muito grave de insustentabilidade financeira do SNS que poderá contribuir para desenvolvimentos negativos para a competitividade do *cluster* da saúde, e fazer perigar todos os avanços registados em matéria de saúde e bem-estar.

Quanto à **Realidade Específica do Setor Empresarial Ligado à Saúde em Portugal**, pode ler-se no mesmo estudo:

- O setor empresarial ligado à saúde apresenta uma orientação exportadora débil com grau de cobertura baixo e elevada taxa de penetração de importações, reduzida expressão no comércio internacional e insuficiente presença e visibilidade;
- Existe no nosso país uma grande segmentação e dispersão das instituições de I&D, com insuficiente evidência do funcionamento em rede e em efetiva articulação;
- Número reduzido de patentes, de novos produtos e de *spin-offs*;
- Existe em Portugal uma importante margem de progressão nos níveis de utilização e difusão das TIC na saúde;
- Por fim a competitividade-custo em termos de eficiência e preço, particularmente importante nalguns segmentos de mercado mais intensivos na exploração de economias de escala e de menor valor acrescentado, parece estar claramente ameaçada no nosso país em face da concorrência cada vez mais forte nos mercados globais de *players* de economias emergentes.

Ainda no mesmo estudo, relativamente às **Perspetivas Futuras do Cluster da Saúde Português** apresenta-se um exercício de cenarização para os Cuidados de Saúde, para a Indústria Farmacêutica e para a Indústria dos Dispositivos Médicos, com um horizonte temporal até 2020 (Instituto Superior de Economia e Gestão, 2010).

À luz da socio economia da inovação e à semelhança dos exemplos de inovação em saúde acima apresentados e retirados do Relatório de Primavera 2008 – Sistema de saúde Português – Riscos e Incertezas (OPSS, 2008; Observatório das Ciências e das Tecnologias, 1998; Ministério da Educação e Ciência, 2012). Pensa-se que a conjugação das tecnologias mais à frente descritas, RANU, conhecimento dos genes e das mutações responsáveis pelo défice auditivo e o despiste da citomegalovirose congénita, deveriam ser implementadas proporcionando terapêuticas personalizadas, prevendo sintomas, bem como o aconselhamento genético permitindo a otimização de custos em saúde.

2.3 ASPETOS ÉTICOS

A Avaliação de Tecnologia em Saúde, como instrumento de apoio à decisão, muitas vezes política e de implementação de novas estratégias, não pode, em tempo algum, deixar de fora as questões de ética. É neste contexto importante compreender as questões que possam ser pertinentes quando se fala de avaliação de equipamentos utilizados por seres humanos para melhoria da sua qualidade de vida.

Castro, Heller e Marcos referem que pode entender-se a Ciência como a procura da verdade e o avanço do conhecimento, a Ética como norma de conduta ou código moral, a Tecnologia como a transformação do conhecimento científico em aplicação. A Bioética *como* “ uma vertente da ética, que discute as implicações morais das pesquisas científicas e das práticas na área da saúde. Tem como objetivo indicar os limites e as finalidades da intervenção do homem sobre a vida, identificar os valores de referência racionalmente proponíveis, denunciar os riscos das possíveis aplicações”.

Segundo os mesmos autores a ética tradicional apresenta dois enfoques: um centrado no indivíduo e o outro no custo-benefício, e que implica o risco do agravamento da desigualdade social quando às exigências éticas e aos benefícios exetáveis da sua aplicação se impõem padrões de eficácia e segurança muito elevados. Consideram fundamental saber distinguir o avanço tecnológico do científico, e que não se deve abrir mão do controle ético para que não sejam ultrapassados os limites onde tudo é permitido, no entanto, este não deverá ser responsável pela criação de obstáculos ao progresso científico e tecnológico. Deverá “... ter-se sempre em mente o comprometimento do homem com a moral, em suas ações, atividades, projetos e planos. Os atos do presente serão julgados no futuro e as atitudes serão corretas ou incorretas. A ética garante ao homem ser útil e produtivo, em luta para o aperfeiçoamento, nunca completo ou acabado” (Castro, Heller & Marcos, 2002).

Para Lindsey-Henderson a Bioética é um conceito que se refere às questões morais e problemas que surgiram como resultado da medicina moderna e da pesquisa médica. Para a autora “as questões de bioética são geralmente questões de vida e morte, e podem ser pessoais, organizacionais, institucionais, ou de todos. Como a medicina e a tecnologia mudam tão rapidamente oferecem várias opções aos indivíduos, o que embora seja um desafio e até mesmo emocionante, as escolhas podem ser difíceis para cada um de nós”. Considera que sobre a ética nada é preto ou branco e às vezes não há certo ou errado, mas estar-se-á sempre dentro da esfera da ética quando se diz a verdade, se mantém as promessas, e se faz o que é melhor para o paciente (Lindsey-Henderson, 2013).

Segundo Fineberg (1985) a preocupação ética com os procedimentos médicos é tão antiga como a medicina. E para Schramm e Escosteguy apesar de serem campos distintos a ATS apresenta pontos de interseção com a bioética, estando cada vez mais reconhecida a importância das implicações éticas e sociais da AT. Entre estas implicações estão aquelas relacionadas com os ensaios clínicos para examinar a sua eficácia, avaliar a boa prática médica, ver a forma de incorporar novas tecnologias e a sua efetividade, e também o acesso à atribuição de recursos disponíveis. Os autores consideram que “a incorporação da dimensão ética na AT possibilitará melhor compreensão da prática da saúde e um avanço em direção ao seu aprimoramento”.

Na saúde conforme uma nova tecnologia se difunde causa expectativas diversas nos pesquisadores, nas indústrias, nos profissionais de saúde, nos donos das instituições de saúde, nos órgãos reguladores, nos provedores de saúde e nos utilizadores. Consoante os seus próprios interesses os atores podem apresentar preocupações diferentes em relação à segurança, eficácia, efetividade, custo, relação custo-efetividade e impacto económico e social, o que é seguramente uma causa de conflitos (Schramm & Escosteguy, 2000).

A Avaliação de Tecnologia da Saúde, integrando a análise ética, permite aos decisores políticos entenderem melhor as preocupações sócio ético que as novas biotecnologias representam. A Agence d'Évaluation de Technologies et de Modes d'Intervention en Santé – AETMIS no Québec, Canadá, é um exemplo de como as agências de ATS podem trabalhar para integrar mais ativamente análises éticas nos seus processos de ATS, que incluem especificamente considerações de equidade, e não se concentram apenas na eficácia ou eficiência e que poderão servir de paradigma para outros países em desenvolvimento. Com as comunidades em desenvolvimento que incorporam a bioética há a possibilidade de integrar conhecimentos nesta área, de modo a construir uma ATS ética, que não descuida as especificidades regionais, e permite a difusão de tecnologias relacionadas com as verdadeiras necessidades das populações. Este processo cada vez mais frequente na América do Norte e em países europeus ajuda a análise de políticas e a tomada de decisão (Martin, Williams-Jones & De Ortúzar, 2011).

Para os autores atrás referidos para além dos meros relatórios técnicos de ATS é necessário formular recomendações políticas pragmáticas e socialmente relevantes. Também não existe nenhum “modelo melhor” para saber como integrar a ética em ATS, mas é certamente possível aprender com os sucessos e fracassos de outros produtores de ATS. Devendo considerar-se as desigualdades sociais

como um dos problemas centrais nos sistemas de cuidados de saúde modernos, tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento. Quando citaram Lafortune et al., salientaram a importância que a equidade requer na atenção à saúde sendo necessário proceder ao "realinhamento" das políticas de saúde, e para isso, "precisa ser infundida uma cultura de avaliação" no processo de tomada de decisão, que pode desenvolver-se através da estreita colaboração de estudiosos de bioética e produtores de ATS, que com o objetivo comum de construir ATS ética pode orientar-se de modo mais reflexivo, inclusivo e transparente na definição de políticas e na tomada de decisão.

Parece interessante referir os seguintes projetos como o do início do século XXI nos EUA para decifrar o genoma humano, e o atual, anunciado em 2013 que pretende nos próximos 10 anos desvendar os segredos do funcionamento complexo do cérebro e que foram alvo de controvérsia. Colocam a bioética no seu cerne, tal como o projeto da UE, Human Brain Project, que aloca 3% do seu orçamento para a supervisão ética e para o compromisso com o público/divulgação.

O projeto anunciado em 2013 pelo presidente Obama "*Brain Initiative*" depende do desenvolvimento tecnológico em cinco áreas: bio eletrónica, biologia sintética, genética, nanotecnologia e tecnologias avançadas de informática. Motivou diversos estudos sobre as suas implicações éticas, legais e sociais, também pelo envolvimento da DARPA financiadora do projeto, que pretende em simultâneo o desenvolvimento da neuro tecnologia para a promoção da saúde humana e para fins militares com a pretensão de criar vantagem aos soldados em campo de batalha.

Andrea Vicini que considera BRAIN em simultâneo um projeto ambicioso e uma iniciativa científica necessária procura refletindo eticamente sobre a sua plataforma científica, dar respostas a questões como: Não se trata de um projeto que levanta questões éticas? Quem e como deve abordar essas questões?

Segundo o mesmo autor que citou Billings, Farah e National Institutes of Health, antes de se colocar em prática o desenvolvimento das diversas tecnologias é necessário ter plena consciência de que as tecnologias de imagem atuais não são suficientemente precisas, não nos ajudam a entender o funcionamento do cérebro, nem conseguem detetar o que acontece com cada um dos neurónios nem com as redes neurais quando o cérebro está em atividade, sendo necessário estudar o cérebro durante o seu normal funcionamento para que se perceba como emerge a atividade neural. O mapa tridimensional e instantâneo que se obtém deve combinar a componente estrutural dos circuitos neurais com as suas expressões funcional e comportamental (Vicini, 2013).

Quanto às cinco áreas que viabilizariam este projeto há que ter em conta a bio eletrónica que permitiria a leitura não invasiva das sinapses resultantes da atividade de grupos neurais e dos pequenos circuitos sinápticos que seriam colocados nos cérebros vivos. Poderia utilizar-se estudos genéticos. Por meio da biologia sintética poderia sintetizar-se moléculas de ADN para registar modelos celulares e obter registos eletrográficos da atividade dos neurónios. A manipulação da matéria pela nanotecnologia, com a proposta de cientistas para utilizar nano estruturas moleculares

ou nano-robôs que agiriam de forma não invasiva, como sensores da atividade cerebral, para medir e arquivar as estatísticas relativas à atividade cerebral ao nível celular. As informações obtidas necessitam de enormes sítios para o armazenamento dos dados com condições para *download* e estratégias para redução, gestão e análise dos dados. Muitos cientistas pensam que tais dados deveriam ser públicos para facilitar o trabalho de outros em todo o mundo, mesmo em países menos desenvolvidos.

Se a abordagem multidisciplinar e faseada do projeto ao longo dos 10 anos, desde o estudo do nemátodo *Caenorhabditis elegans* até ao estudo do cérebro humano não provoca questões éticas, no entanto, segundo Vicini deveria refletir-se sobre o objetivo global do projeto, sobre as implicações que advenham do acesso aos dados disponíveis, nomeadamente: usar a neurociência para perceber como se pode proteger, reparar e reestabelecer os cérebros e as mentes dos soldados. Descobrir se as tecnologias neurocientíficas podem propiciar vantagem aos soldados em campo de batalha. Se pode utilizar as neuro tecnologias para desenvolver melhor tecnologia, bem como instrumentos de ensino e aprendizagem para fazer crescer as mentes e os cérebros, e ainda perceber se algumas funções cerebrais podem ser imitadas por computadores.

Vicini pensa que os bioéticos deverão questionar e comentar os objetivos principais da DARPA que levantam variadas questões éticas como: quem será beneficiado com as descobertas de BRAIN? Se as descobertas podem ser usadas democraticamente? Quais são as questões éticas associadas à pesquisa que anseia manipular o cérebro humano para fins militares? Sendo um projeto científico com duplo objetivo que inclui o fortalecimento da defesa nacional, não será severamente controlado e o acesso aos seus dados não poderá ser limitado? E ainda se as pessoas que pagam impostos irão beneficiar desse grande investimento de dinheiro público?

Enquanto os cientistas procuram saber se este enorme projeto poderá reduzir outros projetos, os bioéticos procuram saber qual é o custo ético; se está a impulsionar-se o desenvolvimento científico e social de forma justa; se o crescimento económico que advém do projeto é exclusivamente para os países mais ricos e também como se pode dar resposta a questões de não equidade entre nações desenvolvidas e subdesenvolvidas, e o impacto negativo na saúde global.

O presidente Obama comparou o BRAIN com o grande Projeto Genoma Humano (PGH) recentemente concluído exigindo que se investigassem as questões éticas, legais e sociais e da neurociência em geral, tal como aconteceu com o PGH que incluiu grande financiamento para estudar as suas “implicações, éticas, legais e sociais”. Ao considerar os avanços da neurociência o presidente considerou ainda o aparecimento de questões éticas e legais, tendo exigido aos pesquisadores que mantivessem o mais alto padrão ético, que os métodos, as tecnologias e os protocolos de investigação neurocientífica deveriam ser sólidos com princípios legítimos e práticas éticas. Para além do mais, incentivou a identificação de um grupo de padrões morais centrais, de modo a conduzir a pesquisa neurocientífica e responder a hipotéticos dilemas éticos que advenham da aplicação dos achados neurocientíficos. Devendo os bioéticos integrarem-se no estudo e partilhar

com os cientistas a sua especialidade ética, colocar questões perspicazes, traçar respostas éticas, contribuindo para os avanços éticos do projeto (Vicini, 2013).

Com o aparecimento de novos fármacos e técnicas utilizáveis para potenciar as capacidades cognitivas levantam-se variadas questões como: que critérios éticos devem orientar a investigação biomédica para fins não-terapêuticos? Deverá a investigação ser apoiada com fundos públicos? Poderá o melhoramento cognitivo aumentar as desigualdades sociais? Quem terá a possibilidade de melhorar cognitivamente? Serão necessárias normas específicas para regular o melhoramento cognitivo?

Para dar respostas a questões como as anteriores surgiu o primeiro projeto europeu coordenado pela Ciência Viva – Neuro-Enhancement: Responsible Research and Innovation – NERRI, que promove o diálogo alargado sobre as implicações sociais, éticas e de governação no campo do melhoramento cognitivo (*“neuroenhancement”*). O projeto inclui 17 parceiros de 11 países europeus, e duas associações europeias de entre os mesmos e a equipa é constituída por especialistas em ciências neuro-cognitivas, ciências sociais, humanidades e comunicação de ciência. Os objetivos do projeto são a produção de contributos concretos para a regulação desta área na União Europeia e para a definição de uma agenda de investigação e inovação responsáveis (Ciência Viva, 2013).

Em 2006, no seu estudo Olusanya, Luxon e Wirz abordam as questões éticas no rastreio da deficiência auditiva em recém-nascidos em países em desenvolvimento. Começando por referir a pretensão de qualquer grávida de dar à luz um bebé saudável, e quando não ocorrem anomalias no parto, sair do hospital segura de estar tudo bem. Se é prática comumente aceite a execução de exames antes da alta hospitalar para a deteção de patologias graves, a recém-nascidos, mesmo não considerados de risco. Todavia, a Deficiência Auditiva Congénita, é uma doença invisível que pode não se detetar no exame neonatal mesmo em bebés de risco. Daí ser essencial usar-se testes objetivos para os cuidados do recém-nascido (Olusanya, Luxon & Wirz, 2006).

Os autores consideram como dever moral equilibrar os benefícios e riscos na assistência médica, que não é tarefa fácil em países em desenvolvimento onde os recursos habitualmente são alocados a patologias associadas aos riscos de vida. A disponibilidade de instalações para oferecer estes serviços, varia e cresce com o tempo, mesmo em países desenvolvidos. Para os mesmos autores no caso do défice congénito permanente ou deficiência auditiva de início precoce, deve ser efetuada a identificação por profissionais de saúde por triagem não solicitada, em vez de aguardar que as crianças afetadas, apresentem manifestações quando o tempo da intervenção ideal possa ter sido já ultrapassado. Tornando-se eticamente imperativo, atendendo a que os benefícios do rastreio superam quaisquer riscos associados.

No entanto, quando os autores citaram o Joint Committee on Infant Hearing Year 2000 e o seu estudo de 2004 sobre *Infant Hearing screening: route to informed choice*, evidenciaram a importância do consentimento informado dos pais antes da triagem para a audição ser realizada, que deve pertencer a um quadro ético estabelecido. Quando citaram o documento da WHO de 2001 sobre as *Guidelines*

for Hearing aids and services for developing countries referiram que ultimamente esta emitiu diretrizes para a criação de serviços audiológicos para facilitar o desenvolvimento de capacidades em diferentes níveis de prestação de cuidados de saúde que lidam com a atual falta de recursos.

Olusanya e colaboradores referem que “o rastreio auditivo neonatal para a identificação da deficiência auditiva congénita permanente ou de início precoce emergiu como um componente essencial da assistência neonatal em países desenvolvidos, seguindo os resultados favoráveis de intervenção precoce no período crítico para o ótimo desenvolvimento da fala e da linguagem. O progresso no sentido de implementação de um programa semelhante em países em desenvolvimento onde a maioria das crianças do mundo com deficiência auditiva reside pode ser impedido por reservas sobre o nível disponível de serviços de apoio e os possíveis efeitos dos desafios de saúde vigentes. Justificativa ética para a introdução sistemática de programas de rastreio para a audição em recém-nascidos com base nas limitações estratégias atuais de prevenção primária, como a falta de alternativas credíveis, estratégias de deteção precoce e os incentivos para o desenvolvimento de capacidades para os serviços de apoio necessários”.

No seu estudo os autores concluíram que “baseado em evidências disponíveis, o rastreio de audição em recém-nascidos satisfaz os padrões éticos para uma intervenção de saúde pública.... A introdução sistemática do programa, começando com projetos-piloto, deve prover tempo de liderança na criação de capacidades para os serviços de apoio necessários”.

Apesar das próteses auditivas serem por vezes a única alternativa para o tratamento do défice auditivo, a problemática sobre a sua adaptação ou a utilização dos Implantes como terapêutica da surdez, não deixa de ser uma matéria controversa.

Segundo Hamill e Stein (2011) “Embora a surdez seja tradicionalmente considerada como um problema de saúde ou incapacidade, nos EUA cerca de 500000 de pessoas surdas identificam-se como uma minoria étnico linguística que se orgulha de ser surda”.

Reuzel, Van der Wilt, Ten Have e De Vries Robbé (1999) no seu artigo sobre Avaliação de Tecnologia em Saúde, referem ser esta “Uma espécie de política de investigação, cujos resultados são usados para decidir sobre as opções políticas alternativas no campo da saúde”. Os autores referiram Bailer e Mosteller (1992) para quem a “Avaliação da tecnologia médica combina informações sobre segurança e eficácia com valores sociais, custos, efeitos secundários, aceitabilidade e questões legais para chegar a conclusões sobre o valor da tecnologia em estudo”, e consideraram que de acordo com esta e outras definições, “ATS além de problemas médicos e económicos, deve abordar aspetos éticos”.

No mesmo artigo Reuzel et al. salientam a importância de incorporar diferentes perspetivas na avaliação, explicam o conceito de “*Interactive Technology Assessment*”, e o que para eles significa *Casuistry* que envolve a clarificação dos conceitos éticos utilizados através da comparação de casos diferentes entre si. Referiram Hare (1996) para quem “*Casuistry* trata de casos específicos, em vez de teorias mais universais ou gerais” e apontam o que o método de Brennan (classificação de

questões éticas com base em conceitos morais) implica. O artigo foca-se nos Implantes Cocleares em crianças, e mostra onde a *casuistry* de Brennan pode levar neste caso.

Os autores consideram a necessidade da relação entre *Interactive Technology Assessment* e *Casuistry* quando se pretende resolver questões éticas. Na sua abordagem colocaram a controvérsia da terapia com os IC que envolve uma perspetiva sobre a surdez como uma deficiência a ser erradicada. Com a habilitação da audição para a integração na comunidade ouvinte, como membro igual aos ouvintes, sem as limitações da surdez, negligenciando ou negando, a existência de uma comunidade surda que não considera a surdez como um handicap, mas como uma característica, como a etnia, o sexo, etc.

Os autores debruçaram-se sobre as seguintes questões: o respeito pela comunidade surda exige que os IC sejam abandonados, ou requer outras medidas para apoiar a comunidade surda, ou ambos? Quais são os riscos psicológicos associados à escolha: contra ou a favor dos IC? Segundo os autores as formas de abordagem que referem são ferramentas para clarificação e não para resolução de questões morais.

Em 2004, Reuzel volta a publicar sobre *Interactive Technology Assessment of Paediatric Cochlear Implantation*. Considerou a *Interactive Technology Assessment* uma nova abordagem para a avaliação de tecnologias da saúde, e salientou que a avaliação interativa trata dos aspetos morais da tomada de decisão e de avaliação de tecnologia nos cuidados de saúde com base nos procedimentos. Em relação aos aspetos éticos dos Implantes Cocleares considerou que não deveriam ficar na gaveta, mas ser considerados como domínio das partes interessadas.

Quanto a esta temática pensa-se que se colocamos a questão: Devemos colocar um implante coclear a uma criança surda que tem pais surdos? Provavelmente a resposta seria sim, mas a comunidade surda diria que estávamos a destruir o seu modo de vida.

A controvérsia do tema na avaliação interativa demonstrou haver no mínimo três grandes problemas associados:

- Quanto e em que medida, deve uma sociedade mostrar solidariedade com um grupo minoritário como o dos Surdos? (O que é a solidariedade a este respeito?).
- O que significa agir no melhor interesse da criança surda: habilitar a criança de modo a permitir a sua integração, ou deixá-la crescer num mundo Surdo limitado, mas provavelmente menos exigente?
- E a questão da autonomia dos pais: em que medida os pais das crianças (surdas) são livres para decidir o que é mais adequado no que respeita à implantação coclear?

Nesta nova era da ciência e da tecnologia, as TC da informação, da nanotecnologia, da biotecnologia, e da ciência cognitiva, onde se promove a interação entre seres vivos e artificiais, procuram-se novos “dispositivos” capazes de difundir e melhorar capacidades comunicativas, cognitivas, de saúde, bem

como físicas dos seres humanos, estas últimas com o objetivo de superar as limitações humanas, e até de melhorar a sua própria condição, e que obviamente trarão grandes alterações à sociedade e ao ambiente.

As diversas comunidades de cientistas, e de outros profissionais ligados à ciência, à tecnologia e à inovação deverão estar atentas à investigação e prospeção do impacto das TC no futuro da sociedade, promovendo debates com os demais interessados, para que a transgressão, a habilidade de pensar diferente, e o desafio de preconceitos limitados às soluções existentes, assim como a quebra de normas rígidas na melhoria de um sistema não descuidem a descoberta de modos novos de lidar com o mundo, contando sempre com os aspetos éticos, legais e com o impacto sobre a sociedade. Só assim a diferença será aceitável na sociedade do futuro.

2.4 O RANU – RASTREIO AUDITIVO NEONATAL UNIVERSAL

A dimensão dos prejuízos causados pelo défice auditivo deve levar à deteção precoce e à correta intervenção terapêutica. Ao contrário do diagnóstico tardio, que acontece entre os dois e os três anos de idade, e por vezes, até mais tarde, pela ausência de rastreio, baseado somente nas manifestações da criança. Os benefícios do tratamento precoce são já conhecidos por permitirem a capacidade de aperfeiçoar o desenvolvimento normal da linguagem e do sistema sensorial, aprimorando a fala e as competências sociais, e que deverá ocorrer antes dos seis meses de idade.

O desenvolvimento das tecnologias da saúde têm impacto quer nos indicadores clínicos, quer económicos. Assim, as opções terapêuticas disponíveis no Sistema de Saúde Público ou Privado são objeto de análise, onde o próprio sistema e as ações dos profissionais da saúde são avaliados, relativamente aos benefícios e aos custos para a introdução de tecnologias mais eficientes. Esta metodologia de análise de custo-efetividade que inclui os conceitos de “economia da saúde” e “epidemiologia clínica” permite avaliar a eficiência de novas tecnologias.

A Avaliação de Tecnologia em Saúde incorpora o conhecimento científico, a eficácia e a efetividade dos custos das implicações do uso das tecnologias em saúde pretendendo fornecer uma base científica à tomada de decisão nos diversos pontos de atividade dos Serviços de Saúde.

Na saúde auditiva uma das Tecnologias utilizadas é o Rastreio Auditivo Neonatal que leva a acreditar que deveria ser Universal. O **Rastreio Auditivo Neonatal Universal** ou **RANU** é um programa que tem como objetivo o diagnóstico precoce da surdez em recém-nascidos (até às primeiras 48 horas de vida) e é recomendado por diversas organizações internacionais.

Em 1994 foi implementado nos Estados Unidos da América e em 1998 na Europa, por um Consenso assinado por diversos países que participaram num evento científico realizado para esse fim.

Desde longa data que se vem pretendendo a sua implementação, no entanto, só na década de 90 do século XX com o aparecimento de testes de rastreio específicos e sensíveis, bem como de fácil e de rápida execução, este programa foi implementado em países desenvolvidos, visando o rastreio de todos os recém-nascidos nos seus primeiros dias de vida e de preferência antes de deixarem a maternidade.

Os **Testes** utilizados no Rastreio Auditivo Neonatal Universal são os testes eletrofisiológicos de **Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral (PEATC)** ou ***Auditory Brainstem Response (ABR)*** e as **Otoemissões acústicas (OEA)**.

2.4.1 Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral – PEATC

Os **PEATC** são um teste neurofisiológico não invasivo e objetivo, de boa sensibilidade e especificidade que revela os níveis de audição nas altas frequências. Este teste é uma variação do ritmo de base do Eletroencefalograma face a um estímulo acústico, útil no estudo da via sensorial acústica que requer a interpretação de um especialista e que para além do período neonatal necessita na criança na maior parte das vezes de sedação. Os Potenciais Evocados Auditivos Automáticos são recolhidos a partir dos Potenciais Evocados Auditivos efetuados, com equipamento automático com o propósito do rastreio do défice auditivo e em que se considera a presença de resposta (**Passa**) ou a ausência (**Falha ou Refere**).

Nos **PEATC** um estímulo sonoro evoca a atividade das vias auditivas que é visível através de sinais elétricos (ondas). A captação das ondas é obtida através de elétrodos de superfície colocados, um no vértex craniano e um em cada lóbulo. Com o avanço da informática é possível a obtenção da resposta apenas das estruturas correspondentes ao sistema estimulado composto pela cóclea, nervo auditivo, núcleos cocleares, complexo olivar superior, lemniscus lateral e colliculus inferior e que ocorre aos 8 mseg, por isso se trata de Potenciais Auditivos de Baixa Latência ou Precoces. O estímulo habitualmente utilizado é o click filtrado, que por ser um estímulo de banda larga, não é específico em frequência e tem a concentração da energia nas altas frequências (2 a 4 KHz), dependem do *status* da espira basal da cóclea e a sua pesquisa Oto neurológica analisa o estado funcional das vias auditivas. Existem Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) que permitem uma avaliação mais detalhada e objetiva da audição, devido à seletividade frequencial e objetividade na análise das respostas (não são um teste de rastreio).

2.4.2 Otoemissões Acústicas – OEA

As **Otoemissões Acústicas (OEA)** constituem um teste não invasivo de fácil realização, de grande sensibilidade e especificidade, eficiente, de rápida execução, económico e que mostra as respostas produzidas no ouvido interno pelas células ciliadas externas da cóclea em resposta ao som, que permitem ter uma visão correta do sistema auditivo periférico, e fazer também uma avaliação do tipo **Passa, Falha ou Refere**.

As **OEA** refletem o funcionamento normal das células ciliadas externas, permitindo avaliar a normalidade ou a alteração do estado biomecânico da cóclea. Esta produz sons, que são as **OEA** que podem ser espontâneas ou evocadas por um estímulo click. O resultado da atividade biomecânica das células ciliadas externas produz um sinal sonoro na cóclea que é transmitido de forma retrógrada ao ouvido médio e ao canal auditivo externo que é captado por um microfone inserido neste último. As **OEA** refletem o funcionamento normal do epitélio sensorial da cóclea ou órgão de Corti composto pelas células ciliadas internas e externas. A sua maior aplicação é a do Rastreio da Surdez Neonatal. Testam um espectro largo de frequências (400 – 6000 Hertz (HZ)) e sabe-se que 99% dos indivíduos com limiares auditivos melhores que 25 dB têm **OEA**, e que indivíduos com hipoacusia superior a 40 dB nunca apresentam **OEA** (não se devem descuidar as alterações de condução, transmissão do som desde a origem até ao órgão de Corti).

Os dois métodos fisiológicos PEATC e OEA avaliam diferentes segmentos do sistema auditivo, por isso indica-se a realização de OEA como periférico e de PEATC como mais central.

2.4.3 A Implementação do RANU

Relativamente à surdez neonatal infantil a Sociedade Portuguesa de Pediatria refere para recém-nascidos saudáveis a incidência (reflete a dinâmica com que os casos aparecem no grupo) de perda auditiva bilateral significativa entre 1 e 3 por mil, subindo para entre 20 e 40 para recém-nascidos de risco. Se só se tiver em conta como único critério para o RANU os indicadores de risco, então só serão identificados 50% dos casos de surdez. Esta patologia tem uma incidência muito superior a outras que são alvo de rastreio precoce sistemático (GRISI, 2007).

O Joint Committee on Infant Hearing Position Statement (2000) refere como Indicadores de Risco para o Recém-nascido: a necessidade de permanecer em Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais mais de 48 horas; a história familiar de surdez infantil e neurosensorial permanente; as infeções durante a gravidez (grupo TORCH – Toxoplasmose, Outras Infeções, Rubéola, Citomegalovírus, Herpes); as anomalias craniofaciais e algumas síndromes que envolvem a perda de audição.

Nos países desenvolvidos, a deficiência auditiva neurosensorial ocorre em 1 de cada 1000 recém-nascidos, e em 40% dos casos pode atribuir-se a fatores hereditários, 30% às diversas etiologias adquiridas e os restantes são de etiologia desconhecida.

Com base na evidência clínica sabe-se que a intervenção precoce influencia preponderantemente o prognóstico do desenvolvimento de fatores essenciais à qualidade de vida como o desenvolvimento linguístico, cognitivo e social do indivíduo. Países como os Estados Unidos da América e o Reino Unido têm vindo a publicar estudos que evidenciam melhores níveis de linguagem em crianças com deficiência auditiva que iniciaram programas de re(h)abilitação por volta dos 6 meses de idade face a crianças cuja intervenção ocorreu mais tardiamente.

No Japão o RANU começou em 2001 na Prefeitura de Okayama como parte de um estudo piloto nacional onde aproximadamente 50000 recém-nascidos foram submetidos ao rastreio através de Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral Automáticos, e foram seguidos durante mais de dois anos. Este número correspondeu a 95% das crianças nascidas nas 44 instituições ginecológicas do distrito. O processo envolveu rapidamente outras instituições e diversos estudos efetuados neste país evidenciam a importância da identificação precoce da perda auditiva, assim como da implementação de programas de reabilitação precoce baseadas no Rastreio Auditivo Neonatal Universal.

Ainda relativamente à realidade japonesa, na *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, Choo e Meinzen-Derr (2010) referem “Com o processo rapidamente envolvente. Será crítico para os clínicos compreenderem os benefícios e limitações das diversas metodologias do rastreio auditivo neonatal de forma a determinar o controlo mais apropriado das crianças referenciadas pelo RANU. Tal implica um trabalho de descoberta do conhecimento de ferramentas audiológicas, bem como das causas infecciosas e genéticas da perda auditiva infantil”.

Apesar de no final dos anos 70 do século XX David Kemp então físico no London's Royal National Throat Nose and Hear Hospital com o estudo sobre a audição ter identificado as Otoemissões Acústicas e sugerido esta descoberta como um teste de audição, e desenvolvido a ideia do rastreio, só em Março de 2006 o RANU foi implementado no Reino Unido, no país de Gales, na Irlanda do Norte e na Escócia.

Atualmente em Espanha o **RANU** é obrigatório em todas as províncias. A Confederación Española de Familias de Personas Sordas – FIAPAS³, confederação de âmbito nacional, integrada por 47 entidades confederadas, recomenda a regra do 1-3-6 que diz que até ao mês de idade pelo menos 90% de todos os recém-nascidos deverão ter a primeira fase do rastreio completa; que até aos 3 meses de idade 90% das crianças identificadas como portadoras de deficiência auditiva significativa terão de ter o diagnóstico audiológico, não o etiológico, e que até aos 6 meses de idade em pelo menos 90% dos casos a re(h)abilitação/intervenção deverá ter início.

³ FIAPAS – Confederación Española de Familias de Personas Sordas, é uma confederação de âmbito nacional, integrada por 47 entidades confederadas que surgiu em 1978 para dar resposta às necessidades das pessoas com deficiência auditiva e suas famílias e que constitui a maior plataforma de representação de famílias de pessoas surdas em Espanha; promoveu em 1995, a criação da *Comisión para la Detección Precoz de la Hipoacusia* (CODEPH), comissão científica integrada por representantes de sociedades científicas de otorrinolaringologistas e pediatras representantes da FIAPAS e cujo interlocutor principal é a Administração Sanitária.

Em Portugal em 2005 constituiu-se o Grupo de Rastreio e Intervenção da Surdez Infantil – **GRISI**, um grupo aberto e multidisciplinar com profissionais experientes nesta área, como Audiologistas, Otorrinolaringologistas, Pediatras e Enfermeiros, e cujo objetivo foi a implementação de um programa nacional de deteção e intervenção precoce, estabelecendo técnicas e metodologias, e trabalhando em conjunto com diversos organismos oficiais e associações profissionais. Este grupo trabalhou sobre recomendações, considerações técnicas, constituição das equipas, implementação, diagnóstico e intervenção. Identificando as condições mínimas para o início de um programa de RANU ao grupo de recém-nascidos sem risco conhecido, e ao grupo de recém-nascidos de alto risco, passando pela descrição técnica, controle de qualidade e pela necessidade de uma rede nacional de referência.

2.4.4 Recomendações do RANU em Portugal

O objetivo principal é conseguir avaliar todas as crianças ao nascer ou, no máximo até trinta dias de vida. No caso de se confirmar a perda auditiva, é programada a intervenção precoce e adequada que deverá ter início até aos seis meses de idade. Quanto às considerações técnicas, colocam em evidência a avaliação de todos os recém-nascidos em que a metodologia a utilizar deverá detetar todas as crianças com perda auditiva igual ou superior a 35 dB no melhor ouvido.

Em Portugal continental e insular diversas instituições de Saúde públicas e privadas praticam já o RANU. O Anexo J mostra a lista.

A figura 2.1 mostra o esquema de organização do RANU.

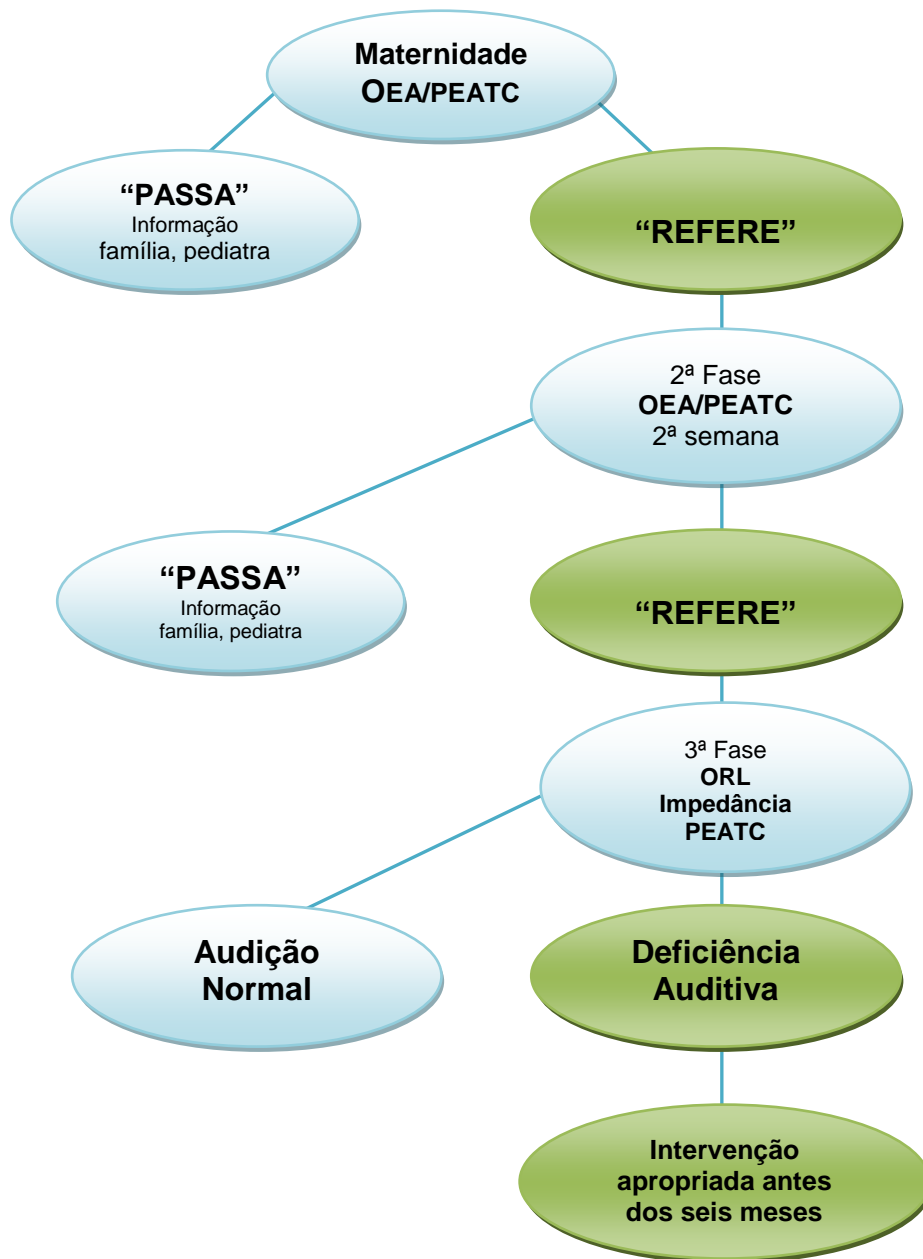


Figura 2.1 - Esquema de Organização do RANU.
Fonte: GRISI (2007).

A figura 2.2 mostra o esquema de organização do RANU em crianças de alto risco.

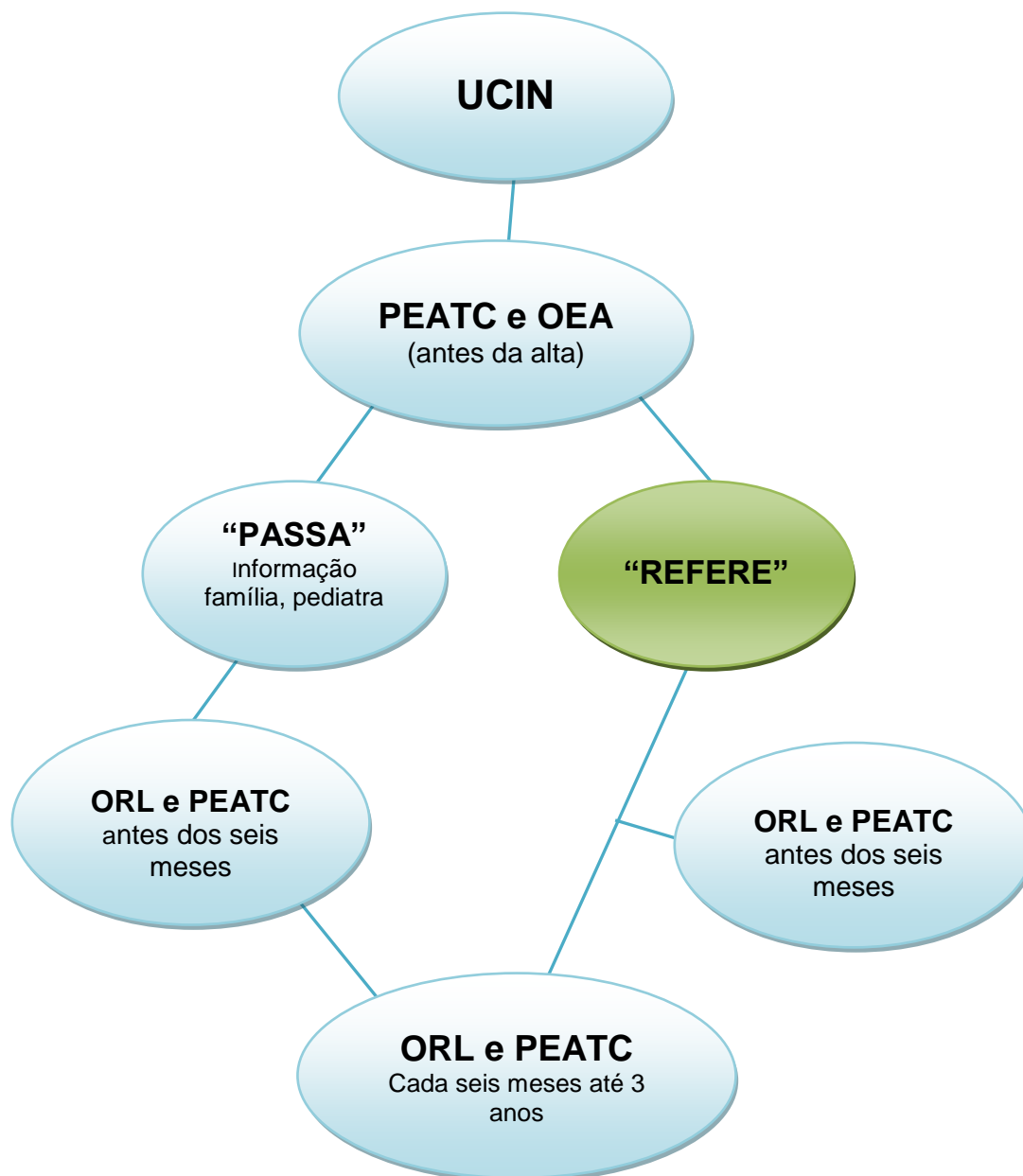


Figura 2.2 - Esquema de organização do RANU – Alto Risco.
Fonte: GRISI (2007).

No Hospital Garcia de Orta, EPE, em Almada onde se colheu a amostra deste estudo pratica-se o RANU desde 2008. A figura 2.3 mostra o esquema adotado para a realização do mesmo.

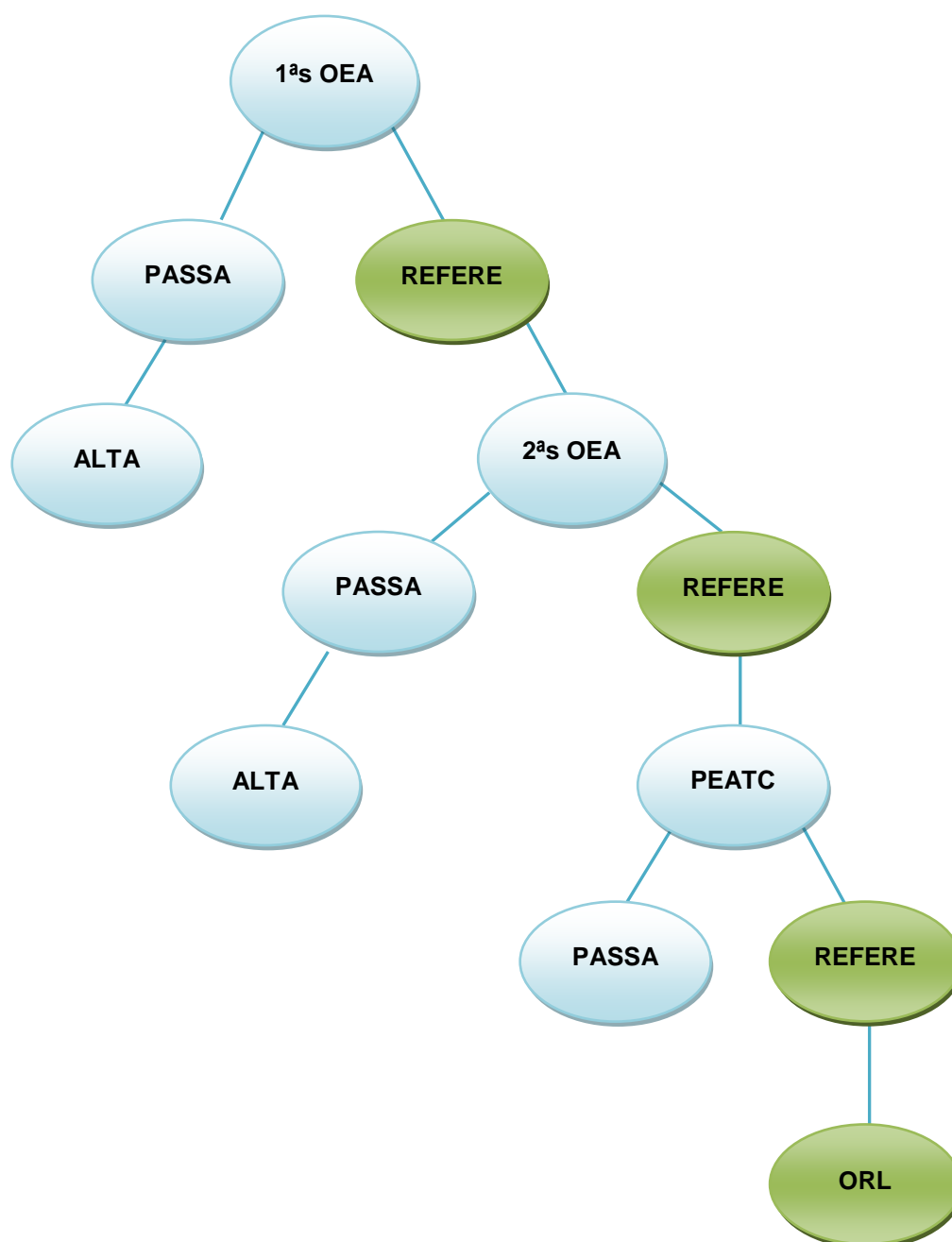


Figura 2.3 - Esquema de organização do RANU no Hospital Garcia de Orta, EPE.
 Fonte: Elaboração própria a partir de um diapositivo de uma comunicação pessoal:
 cedido pela Dr^a. Helena Rosa.

2.4.5 Outras Recomendações

Dados mundiais referem que uma em cada 1000 pessoas sofre de hipoacusia neurosensorial não sindrômica. Se é necessário o diagnóstico auditivo para se poder intervir o mais precocemente possível de modo a re(h)abilitar auditivamente a criança permitindo-lhe um pleno desenvolvimento como os seus pares norma ouvintes, é igualmente necessária a obtenção de respostas a questões colocadas pelos médicos, pelos pais e por outros técnicos que irão seguir o desenvolvimento da criança. Entre essas questões estão: o conhecimento da causa, do prognóstico evolutivo, qual o risco de o mesmo casal vir a gerar uma outra criança com a mesma patologia e ainda quando a criança crescer e pretender ter filhos, quais serão os riscos para os mesmos?

Em cerca de 60% dos casos de hipoacusia neurosensorial não sindrômica a causa é genética, podendo ser causada por mutações em vários genes diferentes. O resultado fenotípico é semelhante para mutações em genes diferentes, mas as consequências genéticas podem ser diferentes, quer no modo como se transmitem, quer nas terapias que se possam vir a adotar, bem como no aconselhamento genético ao doente e à família. O conhecimento dos genes e das mutações responsáveis poderá ainda ser vantajoso na procura de terapias direcionadas apenas para a perda, considerando que se torna possível a associação de diversos genes aos diferentes aspetos da audição, desde as estruturas, passando pelos sistemas de transmissão e do processamento do sinal.

Assim se para um diagnóstico audiológico o RANU pode dar a resposta, e consequentemente vir a permitir o conhecimento do perfil da hipoacusia quanto ao tipo, quanto ao grau, quanto à configuração audiométrica, quanto à gama de frequências afetadas, se esta é uni ou bilateral, quanto à idade estimada da afeção, quanto à progressão, relativamente à presença de acufenos (zumbidos), quanto aos sintomas e à função vestibular e ainda quanto à variabilidade entre a família e entre famílias, para as outras questões acima referidas a resposta terá de ser dada pela genética, sendo essencial recorrer à medicina genómica que permite uma prática de uma medicina “da saúde” (curativa) que é ao mesmo tempo preventiva e personalizada.

Pelo descrito mais adiante a infeção pelo citomegalovírus não é negligenciável quando se fala de surdez congénita.

Segundo Nigro, Scholz e Bartmann (1994) e Whitley et al. (1997) atualmente há evidências dos benefícios da administração de drogas antivirais em crianças com envolvimento multisistémico, particularmente do SNC. Salienta-se então a importância do diagnóstico precoce da infeção congénita sintomática que permite a intervenção terapêutica nos casos graves, bem como a deteção das crianças assintomáticas que pode identificar as crianças de risco de desenvolvimento de sequelas no futuro, sabendo-se que o compromisso auditivo e/ou neurológico pode não ser identificado ao nascimento (Stagno & Britt, 1995).

Considerando a importância da citomegalovirose congênita como um problema de saúde pública, por poder interferir no desenvolvimento infantil normal, pensa-se que o diagnóstico diferencial de qualquer recém-nascido com anomalias que incluam o desenvolvimento hepático, hematopoético e neurológico, deve incluir a pesquisa da citomegalovirose congênita.

Seria um Fator de Inovação em Saúde a determinação da conjunção das tecnologias atrás descritas no que concerne ao rastreio auditivo neonatal, devendo este tornar-se Universal – RANU, pela importância da detecção da falha na audição do recém-nascido, antes da sua saída da maternidade, para possibilitar a intervenção o mais precocemente possível no processo individual de re(h)abilitação auditiva, com o estudo genético, atendendo a que ocorrem também situações sindrômicas cujos restantes sintomas só mais tardiamente com o crescimento e o desenvolvimento da criança se tornam visíveis, e por serem cada vez mais conhecidos os mecanismos da audição, quer estruturais, quer fisiológicos e funcionais. Devendo ainda associar-se a pesquisa da citomegalovirose congênita. A conjunção das mesmas tecnologias poderá proporcionar terapêuticas personalizadas e mais eficazes, nomeadamente com novos tipos de próteses auditivas, bem como prever sintomas no caso de formas sindrômicas, onde a hipoacusia é a primeira manifestação. A conjunção destas tecnologias como **Inovação** no rastreio do recém-nascido no que concerne à audição irá permitir a otimização do pleno desenvolvimento da criança, com a sua capacitação e integração na sociedade, tal como os seus pares norma ouvintes, e também o aconselhamento genético ao doente e à família permitindo ainda a otimização de custos em saúde.

2.5 SURDEZ NO MUNDO

A perda de audição é um fenómeno desde sempre associado ao envelhecimento. Quando observamos a evolução da população mundial verificamos que esta tem evoluído num crescendo exponencial com duplicações em períodos de tempo cada vez mais curtos. Foram necessários 1500 anos para que esta duplicasse de 150 para 300 milhões, mas apenas 90 anos foram suficientes para que passasse de mil milhões em 1840 para 2 mil milhões em 1930, e apenas 42 anos para que novamente duplicasse e atingisse 4 mil milhões em 1975 (Pereira & Oliveira, 2003).

A nível mundial assistimos a uma “explosão” da população, mas também ao seu envelhecimento. Em 2009 os EUA previam que em 2040 o mundo teria 1.3 biliões de idosos ou pessoas consideradas da 3ª idade, correspondendo a cerca de 14% da população global estimada, sendo classificadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como cronologicamente idosas, em países desenvolvidos as pessoas com mais de 65 anos de idade, e em países em desenvolvimento as pessoas com mais de 60 anos de idade.

Um relatório de 2009 do Departamento do Censo dos EUA, encomendado por Richard Suzman, do Instituto Nacional do Envelhecimento Global e elaborado por Kevin Kinsella e Wan He refere que “As

peças com 65 anos ou mais em breve superarão em número as crianças com menos de 5 anos, pela primeira vez na história”.

Richard Suzman salienta que embora haja diferenças entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, o envelhecimento é global.

Acrescenta ainda que em poucos anos após 2010, os números e as proporções de pessoas mais idosas, em particular as mais idosas entre as idosas, começará a aumentar rapidamente na maioria dos países desenvolvidos e em muitos países em desenvolvimento.

Ao longo dos tempos, os idosos nunca representaram mais do que 3% da população. Há cerca de 150 anos essa proporção começou a subir representando no mundo desenvolvido da atualidade quase 15% e estima-se que no ano 2030 se aproximará de 25%, podendo chegar aos 30% em alguns países da Europa continental que envelheceram rapidamente.

O envelhecimento mundial deve-se à diminuição das taxas de fecundidade e de mortalidade. Tais diminuições levam a um menor surgimento de jovens em populações que vivem períodos mais longos, este processo é conhecido por “transição epidemiológica” (Silva & Weiduschat, 2009; Kalache, Veras & Ramos, 1987). Em 2010 a população portuguesa era 10670196, contando com 13,2% de pessoas entre os 65 e os 79 anos e com 3,8% de pessoas com mais de 80 anos.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística, nos próximos 50 anos, a população poderá não aumentar mas a tendência de envelhecimento manter-se-á, estimando-se que em 2060 haverá cerca de 3 idosos por cada jovem residente em território nacional.

Observar-se-á uma diminuição das percentagens de jovens com menos de 15 anos e de adultos com idades compreendidas entre os 15 e os 64 anos, e um aumento da percentagem de idosos. Prevê-se que a população com mais de 65 anos de idade quase duplicará, passando de 17,4% em 2008 para 32,3% em 2060. Para o aumento estimado da percentagem da população idosa contribuirá essencialmente a tendência de crescimento da população mais idosa, com mais de 80 anos de idade que poderá crescer de 4,2% em 2008 para valores entre 12,7 e 15,8% em 2060. Este crescimento resulta sobretudo do aumento da esperança média de vida. Estima-se que em 2060 em Portugal residirão 271 idosos por cada 100 jovens, mais do dobro do valor da projeção para o ano de 2009 que tinha sido de 116 idosos por cada 100 jovens (Instituto Nacional de Estatística. Projeções de população residente em Portugal, 2008-2060, 2009).

Nas pessoas idosas as capacidades regenerativas estão limitadas, pelo que alterações físicas e emocionais podem comprometer a qualidade de vida, podendo conduzir à “Síndrome da Fragilidade” que se traduz num conjunto de manifestações físicas e psicológicas que poderão levar ao desenvolvimento de muitas doenças.

Nesta população é comum o embranquecimento do cabelo e/ou alopecia, as rugas, as manchas na pele, bem como diminuição da acuidade visual e auditiva, a perda de capacidades e de funções

nerológicas tais como a memória e o raciocínio, podendo desenvolver patologias como incontinência urinária, Alzheimer e Parkinson entre outras.

Em países industrializados a instalação da hipoacusia, ou diminuição da acuidade auditiva pode ocorrer entre a 3ª e a 4ª décadas de vida apresentando a sua máxima expressão acima dos 75 anos de idade, sendo os homens duas vezes mais afetados do que as mulheres, onde o mesmo processo se inicia mais tarde. Trata-se de uma perda auditiva associada ao processo de envelhecimento, presbiacusia, cujo início é insidioso, neurosensorial, bilateral, simétrica, não associada a outras patologias otológicas, progressiva e associada à dificuldade da percepção da palavra em particular na escuta em competição com ruído ambiente em situações comuns como o ruído do tráfego, dos restaurantes e de várias pessoas a falarem ao mesmo tempo (Ruah & Ruah, 1998).

Com a idade vão-se perdendo células ciliadas localizadas na membrana basilar da cóclea que possui 12 a 15 mil células ciliadas externas cujo movimento atua como um amplificador coclear, e 3 mil células ciliadas internas que fazem a transdução das vibrações mecânicas em impulsos neurais que alcançam o córtex auditivo primário pela via do oitavo par do nervo craniano. A perda auditiva mais notável relacionada com a idade está relacionada com a perda de células ciliadas numa região da membrana basilar que é responsável pelas altas frequências que têm uma importância fundamental na compreensão da fala (Wingfield & Peelle, 2012).

A figura 2.4 mostra a diminuição auditiva relacionada com o envelhecimento, devida a alterações degenerativas que fazem parte do processo geral do envelhecimento do organismo. A curva verde relativa aos 20 anos mostra um audiograma normal, com uma perda pouco significativa nas frequências agudas (8 KHz), a curva amarela relativa aos 40 anos mostra um aumento da perda nas frequências agudas, sem ser incapacitante. A curva laranja relativa aos 60 anos mostra uma perda significativa, superior a 40 dB nos 4 KHz que implica diminuição da compreensão (discriminação) da fala em particular na percepção das consoantes sibilantes. A curva vermelha relativa aos 90 anos atinge as frequências médias (2 KHz) com perda superior a 40 dB com maior compromisso na compreensão da fala.

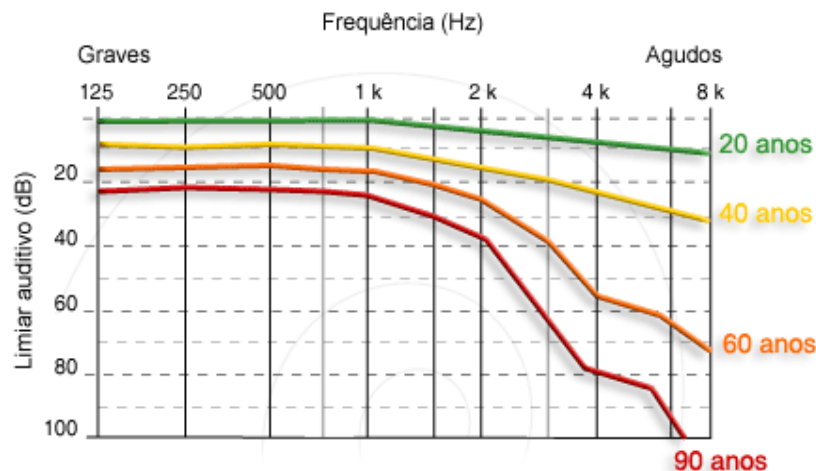


Figura 2.4 - Presbiacusia.
Fonte: Chaix (2014).

Segundo a OMS cerca de 500 milhões de pessoas em todo o mundo sofrem de perda auditiva, estimando-se que em 2015 este número será 700 milhões.

Apesar da dificuldade de encontrar uma boa informação acerca da incidência e da prevalência da surdez na Europa, pode fazer-se uma estimativa empírica. Dados da PORDATA atualizados em 2014 mostravam uma população europeia residente em 2013 de 506545786. Considerando que uma em cada mil pessoas seja surda, deverão existir cerca de 506545 de pessoas surdas ou portadoras de uma perda auditiva severa a profunda (PORTDATA, 2014).

Relativamente a Portugal a pesquisa efetuada diretamente com o Centro Nacional de Reabilitação, Instituto Nacional de Estatística, Instituto Nacional de Saúde, Associação Portuguesa de Audiologistas, na qualidade do seu presidente. Com a fundadora do Grupo de Rastreio e Intervenção da Surdez Infantil em Portugal (GRISI), Audiologistas e Otorrinolaringologistas ligados à Reabilitação Auditiva, com próteses auditivas convencionais e com implantes, entre outros, revelou inexistência de dados epidemiológicos quanto ao número exato de pessoas com surdez ou com deficiência auditiva (adultos e crianças), bem como quantos são utilizadores destas ajudas técnicas.

O Centro Nacional de Reabilitação refere não ter dados. O Instituto Nacional de Estatística só refere o último CENSO de 2011, com dados muito incompletos. O Instituto Nacional de Saúde não apresenta dados, quando se refere ao inquérito de 2005/2006, estando a decorrer o Inquérito Nacional de Saúde de 2013/2016 sobre o qual desconhecem os dados.

A situação estimada quanto aos dados em Portugal é que 34% da população com idade superior a 65 anos sofre de perda auditiva, situando-se a percentagem nos 30 a 50% nas pessoas entre os 65 e os 74 anos e nos 60 a 70% nas pessoas com mais de 75 anos. Dados da Associação de Surdos da Alta Estremadura referem existir em Portugal cerca de 115000, que serão aqueles que falam e os que não

falam língua gestual portuguesa (LPG) mas que possuem défice auditivo, entre estes constam cerca de 33000 que falam LPG e partilham diariamente a sua identidade cultural (Associação de Surdos do Porto, s.d.).

Dados do Instituto Nacional de Estatística acerca de indivíduos com défice auditivo relativos aos censos de 2011 quanto ao grau de dificuldade sentido em ouvir, mostram que 9546329 não tem dificuldade ou tem pouca em efetuar a ação, 506342 tem muita dificuldade em efetuar a ação e 26860 não consegue efetuar a ação.

Sabe-se que as dificuldades de comunicação que a perda auditiva acarreta, quando afetam as situações de inter-relação, podem estar na base do agravamento da sintomatologia depressiva, e que a perda neurossensorial agrava ou mascara a diminuição cognitiva; assim, quando esta não é identificada e tratada irá comprometer severamente a qualidade de vida. Percebe-se, assim, porque é que o seu tratamento pode abrandar a progressão dos sintomas da demência, sendo uma área da saúde onde o investimento é crescente.

Num estudo de 2009, do Instituto Nacional de Saúde de Lisboa Almeida e Falcão identificaram a perda auditiva em populações idosas como uma das condições crónicas mais frequentes, referem ainda que a perda auditiva tem sido associada a um impacto psicossocial negativo, com inabilidade para a realização de tarefas domésticas pesadas, aumento de acidentes ocupacionais e isolamento social (Almeida & Falcão, 2009).

Investigadores da University of Texas Dallas (UT Dallas) e da University of North Texas (UNT) Health Science Center (HSC) em Forth Worth têm vindo a desenvolver um estudo com o objetivo de avaliar se há uma relação direta entre a alta incidência de quedas em indivíduos com mais de 65 anos com perda auditiva, e se o equilíbrio melhora com a adaptação protética, quando esta traz benefícios à escuta no meio ambiente (ruidoso) (The University of Texas at Dallas, 2013).

Muito recentemente em 2014, o estudo de Lin et al., do Hospital Universitário Johns Hopkins vem corroborar o atrás descrito. Na sua investigação descobriram que a perda auditiva ligeira duplica o risco de demência, que a perda moderada triplica o risco, e que as pessoas com deficiência auditiva severa são cinco vezes mais propensas a desenvolver demência. No estudo observaram em *Scans* do cérebro que a perda auditiva pode contribuir para um ritmo mais rápido de atrofia do mesmo. A perda auditiva pode fazer com que o indivíduo não queira estar com os outros e quando está não participe nas conversas levando ao isolamento social, podendo esses fatores contribuir para a demência.

Os investigadores concluíram ainda que, quando andamos os ouvidos captam pistas subtis que ajudam o equilíbrio e que a perda auditiva silencia estes sinais obrigando o cérebro a um esforço suplementar para o processamento dos sons, podendo esta multitarefa subconsciente interferir com alguns processos mentais necessários para nos movermos em segurança.

Lin et al. esperam descobrir num próximo estudo nunca antes efetuado, se as próteses auditivas reduzem os riscos acima citados. Os autores pretendem desmistificar o que leva os 27 milhões de americanos com 50 anos de idade ou mais que sofrem de perda auditiva a só 1 em cada 7 serem utilizadores de prótese auditiva, assentando estes dados em mitos como: a minha audição não está tão mal assim; usar prótese auditiva quer dizer que sou velho, e não estou preparado para isso; não gosto da aparência das próteses auditivas e ouço dizer que são difíceis de usar e que são muito caras (Johns Hopkins, s.d.).

Desde muito cedo também foi possível associar a perda de audição a fenómenos patológicos, por ex. consequência de uma doença infecciosa. É, assim, um acontecimento universal, que não se compadece de classes sociais nem do nível de vida, podendo atingir qualquer um. Quanto maior for a perda auditiva e quanto mais precocemente ocorre, maiores são as consequências para o indivíduo, diminuindo invariavelmente a sua qualidade de vida, a capacidade de comunicar e comprometendo as relações interpessoais e sociais. A surdez, congénita, adquirida ou na sequência do envelhecimento, merece toda a atenção dos cientistas, geneticistas, engenheiros, profissionais de saúde, mas também de assistentes sociais, educadores e da comunidade em geral. Na realidade são os grupos etários nas extremidades – crianças e idosos – que necessitam de maior acompanhamento, com características próprias e potenciais ganhos na qualidade de vida que fazem, sem dúvida, a diferença individual e social.

Por ser um investimento que começa desde o início do ser – o nascimento – a avaliação de tecnologia pode gerar um conjunto de instrumentos úteis, direcionados para estes grupos específicos, mas também numa perspetiva de prevenção, pois crianças todos nascemos e idosos, todos nós conhecemos e um dia seremos.

2.5.1 Porquê um Rastreio Auditivo?

Segundo a OMS os dados revelam que 10% da população mundial apresenta algum tipo de problema auditivo. Integrando as doenças genéticas a surdez é das patologias de maior incidência devendo ser considerada como um problema de saúde pública. Quer seja congénita ou adquirida pode trazer implicações e consequências mais ou menos graves no desenvolvimento da criança e nas repercussões sociais. Consoante diversos autores a incidência da surdez congénita é uma patologia comum e varia entre 1:2000 a 1:600 dependendo dos países e das regiões, devendo-se esta variação a fatores ambientais, capacidade de diagnóstico e cuidados com a saúde local.

Nos países desenvolvidos cerca de uma criança em cada mil nasce com alguma deficiência auditiva significativa e cerca de metade, isto é uma em cada duas mil sofre de surdez hereditária. Nas últimas décadas tem havido uma diminuição acentuada das causas ambientais de doenças, aumentando assim a importância relativa das doenças genéticas causadoras de morbilidade e mortalidade, particularmente nas crianças. Em países menos desenvolvidos, relativamente à surdez congénita

estes apresentam um número elevado de casos ambientais, originários de infeções que ocorreram durante a gestação, assim como falta ou má assistência médica durante a mesma, no parto e no período neonatal.

O acompanhamento da criança com défice auditivo implica grandes investimentos de dinheiro por parte das famílias e do próprio Estado.

A prevenção da surdez será um auxílio na redução desses custos no que concerne ao ensino especial e ao tratamento médico, sendo o aconselhamento genético familiar essencial na prevenção do surgimento de novos casos de surdez, fornecendo aos pais informação acerca dos riscos de repetição da mesma patologia numa nova criança que venham a gerar e também da transmissão desta aos seus filhos.

As diversas tecnologias associadas permitem a Prevenção, o Diagnóstico e a Terapêutica, podendo minimizar custos e ajudar a criança com défice auditivo a desenvolver-se na sua plenitude como qualquer outra criança sem problemas.

2.6 AUDIÇÃO

O ser humano normal ouvinte é capaz de ouvir sons de frequências compreendidas entre os 20 e os 20000 Hz, sendo o seu ouvido particularmente sensível e respondendo a uma gama de intensidade de sons (gama auditiva). O som mais intenso que pode ouvir sem se confundir com dor está a um nível de cerca de 120 dB acima do som mais ténue que este deteta. Qualquer lesão que ocorra numa ou em diversas porções do ouvido externo, médio ou interno que constituem o órgão da audição pode comprometer a sua função no fornecimento de informações sonoras ao cérebro e o indivíduo pode apresentar um défice auditivo que pode ser parcial ou total.

A figura 2.5 mostra um audiograma que representa o desenho da audição, isto é: onde os diferentes sons estão representados. A zona cinzenta representa todos os sons da fala quando falados num tom conversacional normal, que como se pode observar tem a forma de uma “banana”. As linhas verticais representam a frequência em Hz, onde a linha mais à esquerda representa o som de mais baixa frequência (125 Hz), e as linhas horizontais representam a intensidade em decibel, onde a linha mais perto do topo representa o som mais fraco (0 dB).

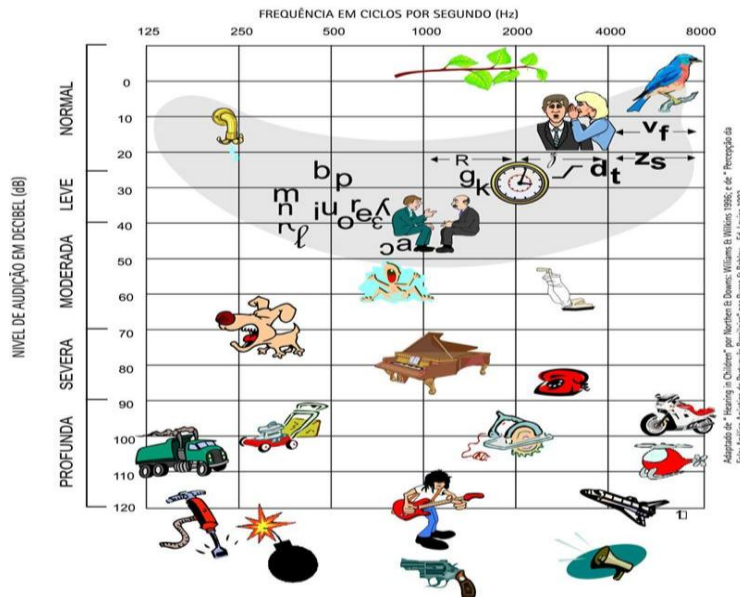


Figura 2.5 - Audiograma de Sons Familiares e “Speech Banana” (zona sombreada).
 Adaptado de Northern e Downs. *Hearing in Children*. Baltimore: Williams e Williams (1996) e de Russo e Behlau. *Percepções da fala: Análise acústica do Português Brasileiro*. São Paulo: Lovise (1993).
 Fonte: AudioBem (s.d.).

Um **Audiograma Tonal Simples** é um teste que permite a quantificação da audição pela obtenção dos limiares de audibilidade mínima de tons puros. A sobreposição de um Audiograma Tonal Simples no Audiograma de Sons Familiares (figura 2.5) permite a observação da perda auditiva se esta existe e as implicações diretas na audição das diversas vogais e consoantes, bem como de sons familiares. Por exemplo, com uma perda severa (entre os 71 e os 90 dB) não se escuta a voz humana, pode ouvir-se os sons de uma guitarra, de uma mota ou de um avião, mas estes não são os sons das relações sociais.

2.6.1 Limiar

Em 1973, a American National Standards Institute definiu o limiar de audição, ou **Limiar de Audibilidade**, estabelecendo que “O limiar de audibilidade para um sinal específico é o nível mínimo efetivo de pressão sonora do sinal que é capaz de evocar uma sensação auditiva numa específica fração do teste” (ANSI – S3.20, 1973).

2.6.2 Conhecer algumas Estruturas Envolvidas na Audição

Ao longo deste estudo faz-se referência a hipoacusia e em particular a hipoacusia neurossensorial, parecendo pertinente a precisão de conceitos como cóclea e nervo auditivo, atendendo a que são estas estruturas que quando sofrem alterações contribuem para esse tipo de hipoacusia.

2.6.2.1 Cóclea

A **Cóclea** situada no ouvido interno, também designada por caracol, é uma estrutura especializada recetora dos sons. Anatomicamente tem a forma de um canal, com paredes ósseas, enrolada em forma de caracol com duas espiras e meia com a dimensão de aproximadamente 35 mm. No interior e ocupando só parte do canal ósseo está a porção membranosa que quando vista em corte transversal apresenta forma triangular, em que uma das faces desse triângulo se apoia sobre tecido ósseo. Enrola-se em torno de um cone de tecido ósseo esponjoso, o modíolo, que contém um gânglio nervoso, o gânglio espiral. Do modíolo parte lateralmente a lâmina espiral óssea. Um dos lados do triângulo está apoiado sobre a lâmina espiral óssea e o vértice aponta para o modíolo. A base do triângulo liga-se à parede óssea da cóclea e dá origem à estria vascular que é uma região de células diferenciadas. O lado superior é composto pela membrana vestibular ou de Reissner e o lado inferior pela lâmina espiral membranosa que apresenta uma estrutura histológica complexa onde se encontra o órgão de Corti que possui as células recetoras da audição.

A figura 2.6 mostra a cóclea, a janela oval – O e a janela Redonda – R.



Figura 2.6 - Cóclea.
Fonte: Vilela (s.d.).

Este triângulo divide o espaço ósseo da cóclea em três regiões, a porção superior ou escala vestibular que se abre no vestíbulo, a porção média ou escala média ou ducto coclear e a porção inferior ou escala timpânica que se comunica com o ouvido médio através da janela redonda. O

labirinto membranoso é formado pelas escalas vestibular e timpânica que se encontram preenchidas com perilinfa (composição iônica típica dos líquidos extracelulares rica em sódio e pobre em potássio) e comunicam-se nas extremidades por um pequeno orifício ou helicotrema, a escala média comunica-se na sua porção inicial com o sáculo pelo ducto de reuniens e termina em fundo cego.

A figura 2.7 mostra a cóclea em corte transversal.

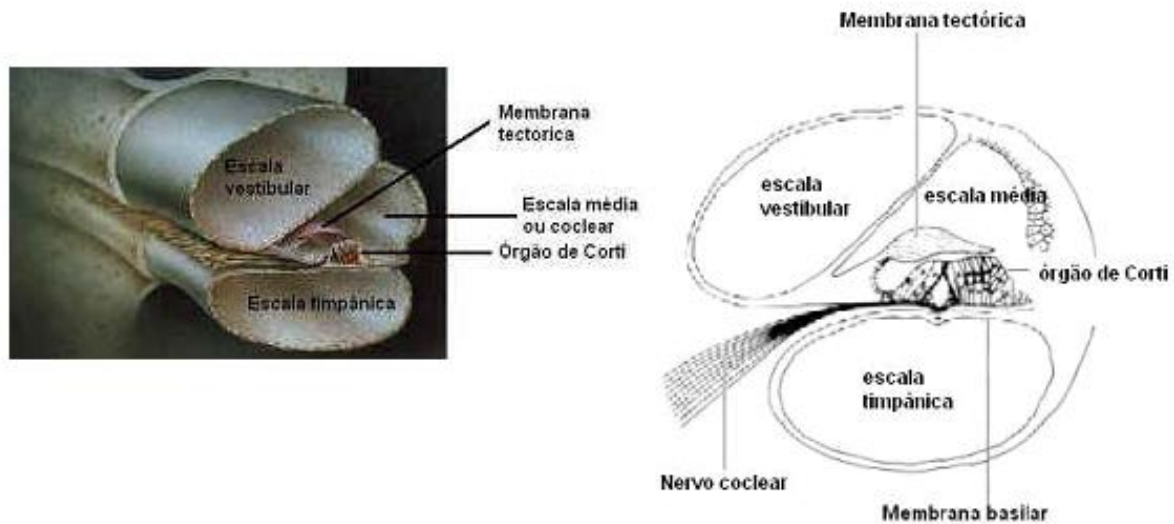


Figura 2.7 - Corte transversal da cóclea.
Fonte: Vilela (s.d.).

Histologicamente a membrana vestibular é revestida por epitélio pavimentoso simples (tecido conjuntivo). A estria vascular é constituída por epitélio estratificado. Formado por dois tipos de células, um deles com células ricas em mitocôndrias com a membrana da porção basal muito pregueada com as características de uma célula transportadora de água e iões. O epitélio da estria vascular é um dos poucos que possui vasos sanguíneos entre as suas células o que sugere aí a secreção da endolinfa (rica em potássio e pobre em sódio).

No órgão de Corti encontram-se as células sensíveis às vibrações induzidas pelas ondas sonoras, este assenta sobre a membrana basilar (material extracelular) produzida pelas células do órgão de Corti e pelas mesoteliais que revestem a escala timpânica. A lâmina espiral membranosa estende-se lateralmente e funde-se com o tecido conjuntivo do periósteo que está abaixo da estria vascular que forma a crista espiral. Do limbo espiral de tecido conjuntivo frouxo revestido por epitélio parte a membrana tectorial (rica em glicoproteína) orienta-se horizontalmente tomando contacto com as células sensoriais do órgão de Corti e limitando o túnel espiral interno em cuja parede lateral se encontra uma camada de células sensoriais internas, após o túnel observa-se uma série de células de sustentação que formam as células pilares e por fim três fileiras de células sensoriais externas.

Fisiologicamente o som é transformado pela membrana timpânica em vibrações e é transmitido através da cadeia ossicular (martelo, bigorna e estribo) à janela oval. O tímpano vibra com a passagem das ondas sonoras e os ossículos funcionam como um sistema de alavancas que transformam as vibrações da membrana timpânica em deslocamentos mecânicos que o estribo e a janela oval exercem na perilinfa da escala vestibular.

Na cóclea os estímulos mecânicos ou as vibrações induzidas pelas ondas sonoras sofrem transdução em potenciais de ação ou impulsos elétricos que são levados através do nervo coclear ao SNC. A contração dos músculos tensores do tímpano e do estribo ocasiona a tração dos ossículos reduzindo a transmissão do som.

As vibrações que chegam à perilinfa da escala vestibular são transmitidas à escala média, passando à escala timpânica e dissipam-se na janela redonda.

Os sons agudos são captados pela base da cóclea, enquanto que os sons mais graves são captados pelo seu ápice, como a figura 2.8 mostra.

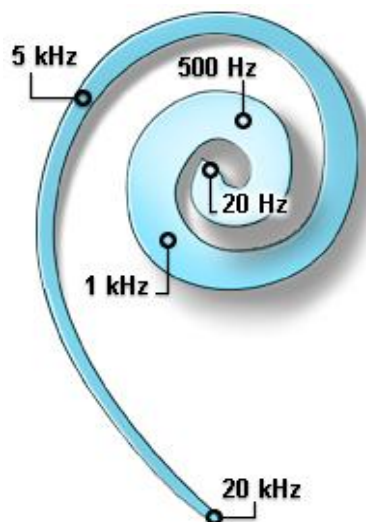


Figura 2.8 - Membrana basilar e tonotopia frequencial.
Fonte: Rebillard, Pujol e Trigueiros-Cunha (2013).

2.6.2.2 Nervos Auditivos

O ser humano possui doze pares de nervos cranianos que transportam fibras aferentes (conduzem sinais sensoriais do órgão para o Sistema Nervoso Central), gerais, aferentes viscerais e aferentes especiais, e eferentes (conduzem sinais estimulatórios do Sistema Nervoso Central para o órgão), somáticas e eferentes autônomas. O **Nervo Auditivo** é considerado o VIII par craniano e é também denominado nervo acústico, coclear, vestibular ou vestibulo coclear. É um nervo da cabeça,

puramente sensitivo, que apresenta uma porção coclear relacionada com a audição e uma porção vestibular relacionada com o equilíbrio.

A porção coclear é constituída por um feixe de fibras nervosas, cerca de 30000 originadas dos neurónios sensitivos do gânglio espiral, classificadas de aferentes somáticas especiais que transportam a informação auditiva entre a cóclea e o cérebro. A outra porção relacionada com o equilíbrio recebe aferências das máculas sacular e utricular (aceleração linear) e dos canais semicirculares (aceleração angular). Estas duas componentes funcionais têm origem embriológica e trajeto comuns.

As fibras do nervo coclear projetam-se: periféricamente para as células ciliadas cocleares e centralmente para os núcleos cocleares. O núcleo coclear é um núcleo do tronco encefálico que recebe aferência central do nervo coclear, localiza-se lateral e dorso lateralmente aos pedúnculos cerebelares inferiores e está funcionalmente dividido em duas partes, a parte ventral e a parte dorsal. Possui uma organização tonotópica, e é responsável pelo primeiro processo auditivo central. Projeta direta ou indiretamente fibras para áreas auditivas superiores, como os núcleos olivares superiores, o corpo geniculado medial, os colículos inferiores e o córtex auditivo primário (áreas 41 e 42 de Brodmann).

A figura 2.9 mostra o nervo coclear ou auditivo partindo da membrana basilar.

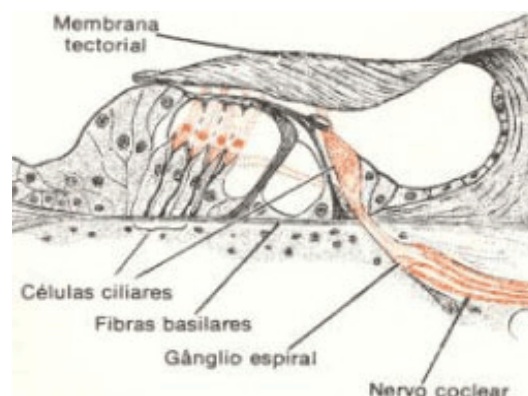


Figura 2.9 - Nervo coclear ou auditivo.
Fonte: Guyton (1981).

As fibras do nervo vestibular projetam-se: periféricamente para as células ciliadas vestibulares e centralmente para os núcleos vestibulares do tronco encefálico, intervindo no sentido do equilíbrio e da posição da cabeça.

A figura 2.10 mostra a via auditiva desde as células ciliadas até ao córtex auditivo.

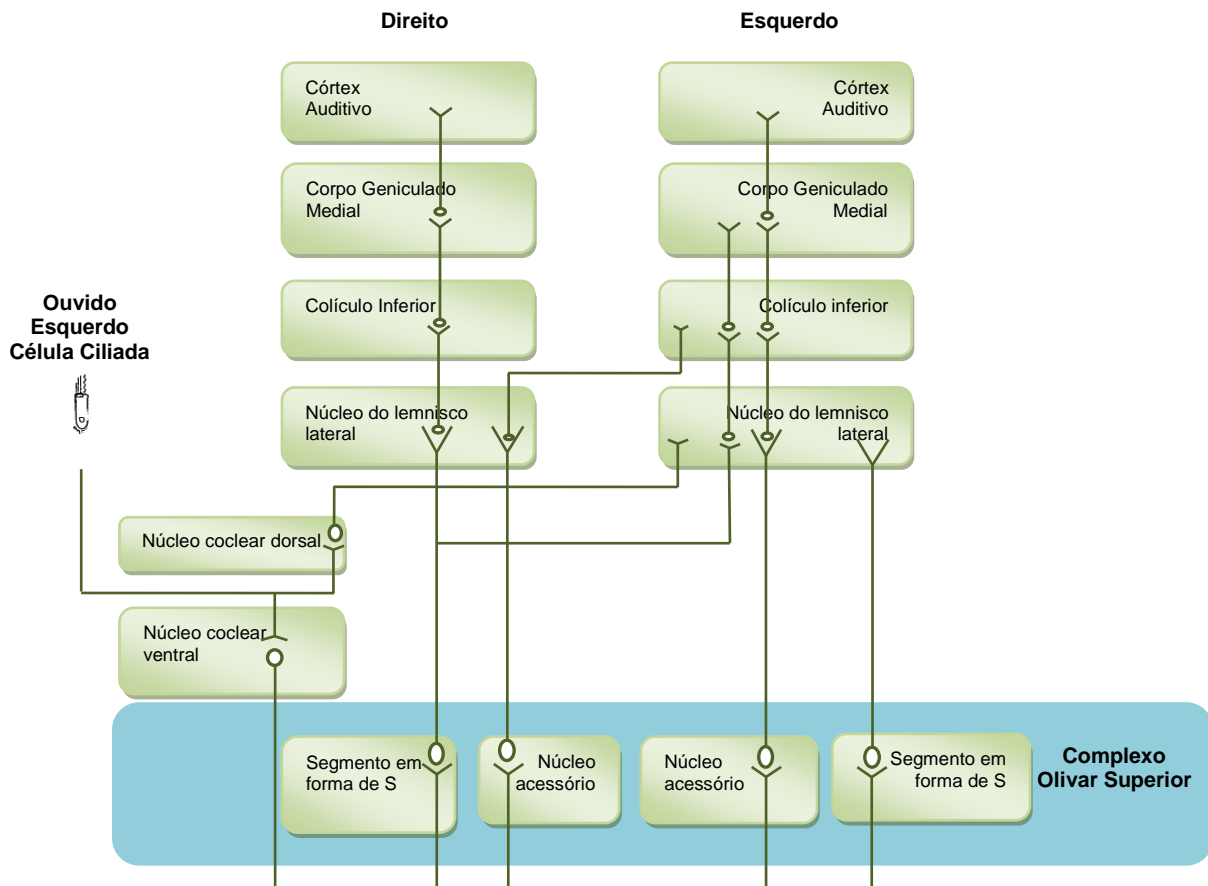


Figura 2.10 - Via auditiva.

Fonte: Traduzido e adaptado de Davies, Blakeley, Kidd e McGeown (2001).

2.6.3 Loudness ou Percepção Sonora de Intensidade

Entre as diversas características da qualidade do som, como timbre, dissonância, consonância e musicalidade, as duas dimensões psicológicas mais óbvias são *pitch*, que se pode definir como sendo a avaliação perceptiva da frequência, e ***loudness*** ou **sensação sonora de intensidade** ou **sonoridade**.

Sonoridade é a forma como se percebe o nível de um som, e é um dos seus atributos psicológicos mais estudado pelos psicólogos. É importante que não se confundam os atributos psicológicos de uma experiência com os atributos físicos. A medida psicoacústica de intensidade sonora utiliza a escala do sone, como unidade de sensação sonora para indicar o quanto forte/fraco um som é (um sone por definição, é igual à sonoridade de um som de 1000 Hz de 40 dB de intensidade), para uma análise objetiva de intensidade sonora utiliza-se o decibel (medida física).

2.6.4 Recrutamento de Sonoridade

Em 1924, Pohlman e Kranz relatam pela primeira vez o fenómeno atualmente conhecido por recrutamento de sonoridade. E em 1928 Fowler observou nalguns pacientes com perda auditiva unilateral, que se podia atingir a mesma sonoridade entre os dois ouvidos, somente com um grande nível de sensação sonora no ouvido norma ouvinte, em 1937 o mesmo autor estabelece o termo recrutamento para o que parecia ser um crescimento mais rápido da sonoridade no ouvido patológico. Desde então, resultou a sua definição clássica que diz que recrutamento é um crescimento anormalmente rápido de sonoridade com o aumento da intensidade do som.

Acima do limiar, o indivíduo está intensamente sensível a pequenos incrementos de sonoridade e atinge o limiar de desconforto muito rapidamente. Porque a dinâmica auditiva está reduzida e a fala tem uma ampla gama dinâmica, o recrutamento de sonoridade cria problemas de inteligibilidade ao indivíduo durante a conversação, isto é, o indivíduo poderá não ser capaz de ouvir sons ténues, mas os sons de grande intensidade são tão fortes como para os norma ouvinte. Contudo, sons que são facilmente audíveis podem não ser facilmente discriminados verbalmente.

Steinberg e Gardner (1937) foram os primeiros a identificar o recrutamento como uma perda de compressão de sonoridade. Parecia-lhes que a hidropsia endolabiríntica (variação na pressão coclear) mudava a compressão causada pelas células ciliadas internas.

O recrutamento de sonoridade manifesta-se como a não linearidade da função de sonoridade. Um corolário necessário a esta não linearidade é a compressão da escala de sonoridade através da gama de intensidade, traduz-se pelo aumento invulgarmente rápido na perceção de sonoridade e está relacionado com um tipo de perda neurosensorial, em pacientes com patologia coclear, onde se observa um crescimento anormalmente rápido de sonoridade para pequenos incrementos de intensidade do estímulo.

Na audição normal o nível máximo de conforto (MCL – *Maxim Comfort Level*) está cerca de 40 dB acima do limiar de receção da fala (SRT – *Speech Reception Threshold* – 50%). Para aqueles que sofrem de recrutamento, o seu MCL poderá estar somente cerca de 10 dB ou menos acima do limiar de receção da fala. Quer isto dizer que há uma gama limitada do que o indivíduo pode ouvir antes de a perceção se tornar dolorosa. Esta pode variar desde sons e frequências específicas até mais gerais.

O recrutamento de sonoridade tem sido descrito como sendo o resultado provável da perda de seletividade da frequência. A perceção da sonoridade depende da quantidade total da atividade do nervo auditivo, desde que fibras em cócleas danificadas tenham estreitado bandas críticas, elas disparam em mais frequências do que as suas características (como nos ouvidos norma ouvinte) assim, um aumento de intensidade do estímulo causa um disparo anormal de muitas fibras, levando consequentemente a um aumento anormal na perceção de sonoridade.

2.6.5 Caraterísticas Funcionais da Audição

Ao longo dos tempos não tem sido fácil chegar a um consenso acerca da terminologia a usar relativamente à perda parcial ou total da capacidade de ouvir que, apesar das diversas definições, é habitualmente designada por deficiência auditiva, défice auditivo, hipoacusia (designação mais técnica) e vulgarmente conhecida por surdez. Neste estudo os diversos termos são utilizados de forma equivalente.

2.6.6 Classificação da Deficiência Auditiva

Salienta-se que qualquer classificação é desprovida de interesse se não se levar em consideração uma ação de eficácia no que concerne à prevenção, ao diagnóstico, ao tratamento e à re(h)abilitação do indivíduo com deficiência auditiva. Com base nesta afirmação apresentam-se as diversas classificações:

2.6.6.1 Bases Médicas da Classificação

Preventiva e de Despiste (classificação etiológica) e Terapêutica (classificação clínica). Permite a re(h)abilitação segundo o nível auditivo (classificação audiométrica tonal e vocal), a possibilidade protética (classificação da percepção verbal) e o estado médico pedagógico (classificação psicológica).

2.6.6.2 Classificação Etiológica

A etiologia da surdez é um dos aspetos que mais condicionam a reabilitação auditiva. O aspeto condicionante reside no facto das doenças poderem ser diferentes consoante a causa da deficiência. Estima-se que cerca de 50% dos casos de surdez se devam a alterações genéticas.

Relativamente ao período de ocorrência da surdez, esta pode ser classificada como: **Congénita**, **Pré-natal**, **Neonatal**, **Infantil** e do **Adulto**. De entre os fatores ambientais que levam à deficiência destacam-se as infeções, as drogas e os traumatismos cranianos.

- A **Surdez Congénita** pode ser constitucional ou degenerativa estando presente ao nascimento, sendo, na maioria das vezes, de causa genética;
- A **Surdez Pré-natal** pode ocorrer por embriopatia (infeções maternas em particular a rubéola, sífilis, citomegalovírus, toxoplasmose, herpes, alcoolismo materno, desnutrição, carências alimentares, hipertensão arterial, diabetes, exposição à radiação) ou por fetopatia (incompatibilidade sanguínea, hemorragias, entre outras);

- A **Surdez Neonatal** pode dever-se a prematuridade, pós-maturidade, infecção hospitalar, anoxia ou traumatismo obstétrico (distorcias, fórceps);
- A **Surdez Infantil** pode ser de origem traumática, por exposição contínua a ruídos ou sons muito fortes, infecciosa (meningite, viral, otítica) ou metabólica (endócrina, proteica, tóxico-endógena entre outras);
- A **Surdez no Adulto** pode estar relacionada com as causas anteriores ou ocorrer devido a causas vasculares, alérgicas ou de senilidade.

2.6.6.3 Classificação Clínica – Quanto ao Tipo

Efetuada consoante a localização da lesão.

- **Hipoacusia de Transmissão ou Condução** (limiar por via óssea obtido com vibrador ósseo (I), melhor que por via aérea (o) obtido com auscultadores), como representada na figura 2.11. Revela-se por um abaixamento da acuidade auditiva por lesão que altera a função de transmissão aérea das ondas sonoras, particularmente nas frequências graves, mantendo-se íntegra a audição por via óssea. A recuperação é habitualmente possível quer pela intervenção médico-cirúrgica quer pela adaptação protética;

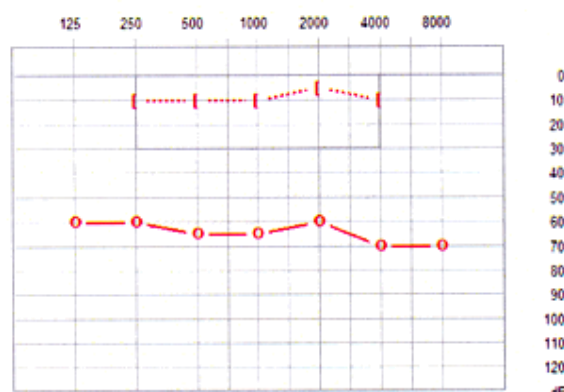


Figura 2.11 - Hipoacusia de Condução (Ouvido Direito).
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

- **Hipoacusia de Percepção ou Neurosensorial** (limiar por via óssea (I) semelhante ao limiar por via aérea (x)), como a figura 2.12 mostra. É o tipo de hipoacusia abordada neste estudo, que se revela por uma transmissão mecânica das vibrações sonoras normal, mas onde a sua transformação em percepção auditiva está comprometida. Para além da captação sensorial nem sempre existente, acresce-se a dificuldade na identificação e integração da mensagem. Pode manifestar-se em qualquer idade, desde pré-natal até idade avançada. É o tipo de

perda auditiva que se caracteriza por envolver o Ouvido Interno (órgão de Corti), e/ou o Nervo Auditivo, originada por alterações genéticas ou por agentes ototóxicos, traumatismos cranianos ou exposição ao ruído excessivo, em geral é irreversível e pode progredir para uma perda total. Classifica-se como sensorial quando o afetado é o ouvido interno e por neural quando há comprometimento do nervo auditivo ou das suas vias. Na hipoacusia neurossensorial a discriminação (capacidade de perceber as diferenças entre palavras que soam de forma semelhante) estará abaixo do normal quando a perda auditiva é sensorial e muito abaixo do normal quando se trata de perda auditiva neural;

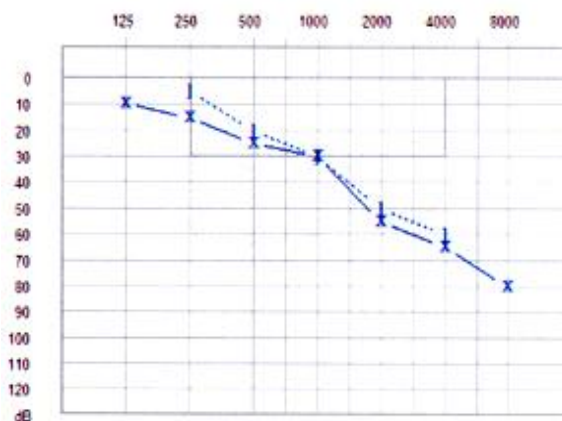


Figura 2.12 - Hipoacusia Neurossensorial (Ouvido Esquerdo).
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

- **Hipoacusia Mista** revela-se por lesão da componente de transmissão, associada a lesão na componente de recepção (ex. surdez traumática com lesão do ouvido interno, etc.), e que a figura 2.13 mostra;

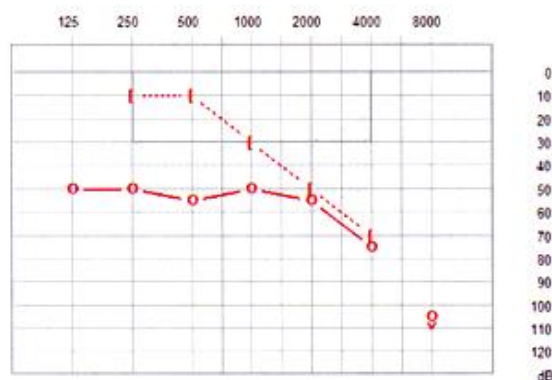


Figura 2.13 - Hipoacusia Mista (Ouvido Direito).
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

- **Hipoacusia Central** revela-se por um distúrbio do processamento auditivo, por um déficit no processamento perceptivo do estímulo auditivo e da atividade neurobiológica subjacente a esse processamento; a lesão ocorre nas vias auditivas do SNC. São lesões cuja detecção ou localização é difícil, e muitas destas não se podem demonstrar através das medições convencionais. Outras medições como o reflexo acústico, o reflexo Decay, a discriminação da fala a altos níveis de intensidade, devem ser efetuadas para diagnóstico diferencial entre a alteração do VIII par (nervo auditivo), extra axial e intra axial do tronco. Outras medições como a resposta auditiva evocada e a ressonância magnética podem ser efetuadas;
- **Hipoacusia Funcional/Pseudo hipoacusia**, o indivíduo não apresenta lesões orgânicas no aparelho auditivo periférico ou central. Na base podem estar perturbações emocionais ou psíquicas como ansiedade neurótica, conflitos de personalidade e histeria. Noutros casos o indivíduo simula perda de audição com determinada finalidade. O Audiograma Tonal Simples é normal, como a figura 2.14 mostra.

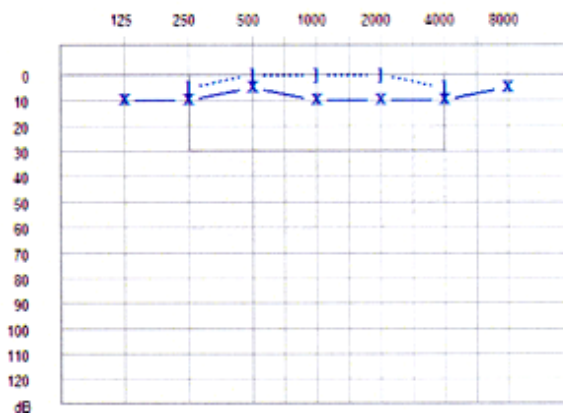


Figura 2.14 - Audição Normal (Ouvido Esquerdo).
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

2.6.6.4 Classificação Audiométrica – Quanto ao Grau

Segundo o *Bureau International d'Audio Phonologie* (B.I.A.P. – 02, 1996), o grau de audição pode ser classificado como:

- **Audição Normal**, quando inferior a 20 dB, onde não há qualquer dificuldade na compreensão da palavra;
- **Hipoacusia Ligeira**, quando a perda se situa entre os 21 e os 40 dB, onde há dificuldade na compreensão da voz baixa;
- **Hipoacusia Moderada de Grau I**, quando a perda se situa entre os 41 e os 55 dB e de **Grau II**, quando se situa entre os 56 e os 70 dB, onde a fala só é percebida quando se eleva a voz;

- **Hipoacusia Severa de Grau I**, quando a perda se situa entre os 71 e os 80 dB e de **Grau II**, quando se situa entre os 81 e os 90 dB, onde a fala só é percebida com voz forte junto ao ouvido;
- **Hipoacusia Profunda** (Perda Tonal Média – PTM – 250; 500; 1000; 2000 Hz) de **Grau I**, quando a perda se situa entre os 91 e os 100 dB, de **Grau II**, quando se situa entre os 101 e os 110 dB e de **Grau III**, quando se situa entre os 111 e os 119 dB, onde não há qualquer percepção das palavras, só se ouve ruídos muito fortes;
- **Perda Total** ou **Cofose**, quando a perda se situa acima dos 120 dB, onde nada se ouve e nada se percebe.

A figura 2.15 mostra a perda auditiva em dB. Salienta-se: a surdez não se mede em percentagem e o grau da surdez não se confina a uma média aritmética, sendo necessário considerar a incapacidade e o transtorno que a mesma implica no indivíduo e nos que o rodeiam.

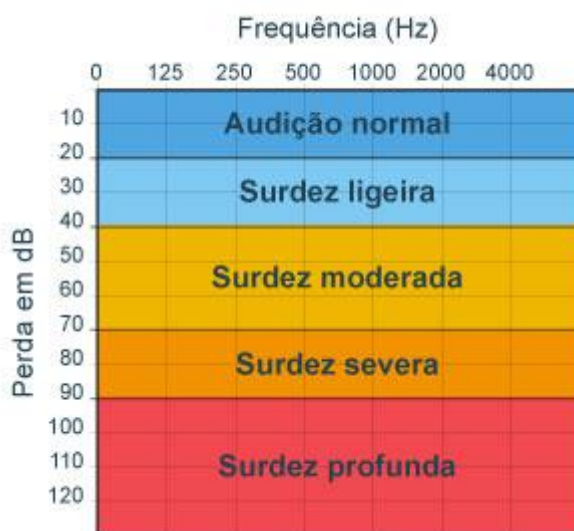


Figura 2.15 - Grau de Audição.
Fonte: Lorenzi, Camilleri, Venail e Chaix (2013).

Em indivíduos com deficiência auditiva mas com resíduos auditivos (reserva coclear), refere-se hipoacusia, quando os indivíduos não apresentam quaisquer resíduos auditivos refere-se cofose.

2.6.6.5 Bases Pedagógicas na Criança

Classificação da palavra e da linguagem, determinação do nível linguístico e classificação das aquisições escolares.

2.7 IMPLICAÇÕES E CONSEQUÊNCIAS DA DEFICIÊNCIA AUDITIVA – DESENVOLVIMENTO DA AUDIÇÃO NA CRIANÇA

Tal como os outros órgãos sensoriais, o ouvido tem uma função biológica, fornecendo informações úteis para a vida do indivíduo. Através deste órgão somos advertidos para certos perigos, permitindo-nos evitá-los. A privação total do mesmo torna-nos vulneráveis e aumenta-nos o risco de acidente.

É no ouvido interno que se situa o sistema do equilíbrio que nos fornece informações acerca do equilíbrio postural e do sentido de orientação espacial. O que implica que em certas lesões auditivas o indivíduo tenha estas informações dificultadas.

Daniel Rubens anestesiológista pediatria em Seattle tem vindo a investigar nos últimos onze anos a Síndrome da Morte Súbita Infantil (SMSI), um dos mistérios médicos mais cruéis e a causa de cerca de 4000 mortes por ano nos Estados Unidos. Rubens acredita estar perto de encontrar a causa que pensa estar relacionada com uma disfunção do ouvido interno não detetada que torna difícil para um bebé despertar e reposicionar-se quando está a ter dificuldade em respirar automaticamente. Está privado do acesso à informação que lhe diz para se mover e aceder ao ar fresco, e simplesmente para de respirar e sufoca.

Na sua investigação Rubens constatou que os bebés tinham problemas no ouvido interno e defende a necessidade de mais pesquisas que levariam a um teste de audição a ser realizado dentro de 48 horas após o nascimento. A triagem iria detetar a disfunção auditiva que coloca os bebés em risco de SMSI, que seriam submetidos a um exame clínico mais completo dentro de um mês (Ringman, 2015).

Este órgão sensorial é também fonte de estimulação do SNC, e certas perturbações do mesmo afetam a atividade da área cerebral correspondente, e a saúde física pode também comprometer-se porque a comunicação exige um grande esforço, concentração e procura de pistas para a decodificação da mensagem, podendo tal ser um fator de cansaço.

Os mecanismos neurais específicos que ligam o défice auditivo à demência ainda não são conhecidos, mas diversos estudos têm vindo a mostrar que a perda auditiva pode acelerar o declínio mental. Dados recentes sugerem que os idosos com défice auditivo podem perder com mais facilidade as suas capacidades de pensamento face aos norma-ouvintes. Um estudo norte-americano sobre indivíduos idosos, ao longo de seis anos, revelou que indivíduos com défice auditivo eram 24% mais propensos a desenvolver distúrbios mentais (Wingfield & Peelle, 2012).

No entanto, são necessários mais estudos, atendendo a que esta relação por si não permite estabelecer o nexo de causalidade, isto é: se o esforço contínuo de perceção do indivíduo com perda auditiva tem um preço cumulativo sobre as reservas cognitivas, se o declínio cognitivo é consequência de depressão e isolamento social que muitas vezes pode acompanhar uma perda

auditiva grave, ou se a incidência paralela de diminuição da acuidade auditiva e o aparecimento de demência são reflexos independentes de um sistema nervoso envelhecido.

Relativamente ao conhecimento de como a perda auditiva afeta o cérebro, os autores no mesmo estudo, sugerem uma possível ligação biológica entre a estimulação sensorial e a integridade cortical, de acordo com diversos modelos animais que demonstram reorganização cortical quando o *input* sensorial é interrompido. Em geral, esta linha de pesquisa sugere que a diminuição da audição tem consequências em cascata para o processo neural que suporta a percepção e a cognição.

Os achados dos seus estudos como a relação entre a capacidade auditiva e o volume cerebral, permitem perguntar se melhorar a capacidade auditiva por meio do uso de próteses auditivas pode ajudar na preservação da saúde cortical e da capacidade cognitiva. Para os autores, embora esta seja uma sugestão atraente, neste momento ainda é muito cedo para tirar conclusões definitivas. Uma das razões para isso é que a relação entre a capacidade auditiva e o volume de massa cinzenta está relacionada, mas sem evidências diretas quanto à sua causalidade. Como observado acima, o mesmo é verdade para a relação entre perda auditiva e demência.

A ligação entre a capacidade de audição e a saúde neural é claramente uma questão crítica em saúde pública, que irá beneficiar de maior conscientização, recursos e estudos.

E os estudos prosseguem. Recentemente investigadores da Universidade Johns Hopkins propõem estudar se o défice auditivo causa o declínio mental diretamente e se o uso de próteses auditivas pode ajudar no retardamento do mesmo.

Tal como referido na introdução a consequência mais evidente da deficiência auditiva é a ausência da linguagem, cuja perturbação na comunicação não permite à criança um desenvolvimento e aprendizagem semelhante ao da criança norma ouvinte, podendo afetar os diversos aspetos sociais e de socialização. Já no adulto as consequências revelam-se, na diminuição da auto estima, problemas de identidade e medo de ser considerado inferior. As perturbações de comunicação podem provocar angústia, limitações nas atividades da vida diária e causar sentimentos de perda e de tristeza que podem afetar a sua saúde mental. O isolamento pode ter consequências na vida de relação, familiar e profissional com prejuízo na sua qualidade de vida que pode levar à depressão e até ao suicídio.

Boltanski (1974) que estudou a psicologia do surdo fez notar que todos nós vivemos num banho sonoro que nos rodeia por todos os lados, e daí que a percepção contínua, inconsciente ou não, nos faz participar constantemente na vida do mundo exterior. Para o autor quando a hipoacusia total surge abruptamente pode provocar problemas psíquicos graves, enquanto a hipoacusia progressiva é menos dramática, mas pode ser cruel, porque ameaça e chega a impedir a atividade profissional.

Para muitos indivíduos normalmente equilibrados, o seu estado psíquico depende essencialmente do meio circundante. Para Moulonget, nos anos 50 do século passado o surdo-mudo congénito não tem problemas psíquicos especiais por nunca ter percebido o mundo sonoro.

A limitação inerente à deficiência pode conduzir à inaptidão total ou parcial do indivíduo para executar as atividades indispensáveis à manutenção de si próprio, pode reduzir a contribuição na vida social, no emprego e capacidade de utilizar os serviços públicos.

Desde longa data que os indivíduos com déficit auditivo vêm sendo marcados pelo estigma da diferença, sendo muitas vezes discriminados, rejeitados ou superprotegidos. Se na nossa sociedade aumenta a consciência da necessidade de integrar no seu seio indivíduos portadores de deficiência, há também a consciência das dificuldades à integração do indivíduo com deficiência no mercado de trabalho, cada vez mais competitivo onde a organização fortemente concorrencial do sistema económico, tende a transformá-lo, tornando-o mais seletivo na admissão de trabalhadores e agravando consequentemente as dificuldades de integração socioprofissional de indivíduos com deficiência.

À semelhança do que se passa nos outros países da União Europeia (UE), problema não menos importante do que o do desemprego é o subemprego e o dos obstáculos às ambições. Os indivíduos com deficiência encontram trabalho em empregos que acham estar aquém das suas capacidades, e prevalece a ideia de que devem estar gratos por terem conseguido um emprego e não a de que podiam ter livre escolha para se valorizarem e progredirem nas suas carreiras. Pensa-se que limitações na área da educação e da formação poderão estar na base desta situação.

As dificuldades de interação entre pessoas com déficit auditivo e norma ouvintes, a baixa produtividade atribuída às primeiras, que na maioria das vezes não corresponde à realidade, são algumas razões apontadas para a não contratação destes indivíduos.

Em Portugal existem indicadores de que a maior parte das pessoas com déficit auditivo exercem uma atividade profissional mediana, têm dificuldade em atingir o mesmo nível das pessoas norma ouvintes, têm sido virtualmente excluídas dos processos sobre tomadas de decisão no que respeita às suas próprias vidas profissionais, nomeadamente na entrada no mercado de trabalho, bem como problemas no trabalho e na manutenção dos seus postos de trabalho.

Quanto à criança, o desenvolvimento global da criança com deficiência auditiva processa-se como o de qualquer outra, nos setores psicomotor, intelectual, afetivo e social que constituem um todo indivisível. E segundo Nunes (1997) “Os pais (ou os adultos que os substituem) são as pessoas que mais vão influenciar o desenvolvimento da criança. É nos primeiros meses de vida que a relação mãe/filho é de primordial importância para o seu desenvolvimento harmonioso”.

Sem falarmos da importância da vida intrauterina em que a criança pode ouvir os batimentos do coração da mãe e sentir-se protegida, logo após o parto a audição da voz materna e de outros ruídos familiares transmitem segurança ao bebé, estando a criança com deficiência auditiva privada de tal sensação, sentindo-se insegura e abandonada quando a mãe sai do seu campo visual.

Segundo a mesma autora esta privação sensorial é muitas vezes causa de reações emocionais repentinas, medos e acessos de cólera em resposta a acontecimentos que surgem no campo visual da criança e que o seu handicap não lhe permitiu prever.

Para Mehler e Dupoux (1994) “o som é, com efeito, o veículo privilegiado da linguagem articulada graças á qual o homem codifica e troca informações elabora e transmite uma cultura, conhecimentos, um pensamento”.

Para Camacho (1982) a audição “ministra uma informação de circunstância imediata, e é uma fonte de informação codificada para o desenvolvimento da inteligência humana”.

Quando se pensa na audição, sempre relacionamos com o ouvido, no entanto, a complexidade não se reduz ao mesmo. O som viaja ao longo de muitas fibras e através de muitos núcleos antes de chegar ao córtex auditivo. Ao longo destas vias o conteúdo acústico do sinal (frequência, intensidade e informações temporais) é codificado por sistemas neurais altamente organizados. Mesmo nascendo com a capacidade de codificar esta informação acústica, o nosso cérebro, em particular o sistema auditivo central muda em função da privação e da estimulação auditiva. O cérebro reorganiza-se ao longo de toda a nossa vida de acordo com a entrada auditiva que recebe (Tremblay, 2006).

Percebe-se então, como a privação da audição pode ter implicações entre a relação que a pessoa com deficiência auditiva estabelece com os outros.

Assim, a **Prevenção** da surdez congénita surge com importância acrescida, nomeadamente através do aconselhamento genético, do combate à anoxia e à icterícia neonatal, da prevenção das consequências da rubéola na grávida, do emprego de ototóxicos e da tomada das medidas sanitárias gerais.

O desenvolvimento da audição e da aquisição da linguagem tem um período crítico que não pode ser ultrapassado. Sabendo-se que as consequências da surdez no desenvolvimento da linguagem variam em função da importância da perda e da idade do surgimento da mesma (Juarez in J. Casanova, Manual de Fonoaudiologia, 1992), é por isso de extrema importância o **Diagnóstico Audiológico Precoces**, que deverá ser efetuado ao nível das três funções: acústica, de integração e linguística para que tenhamos uma ideia geral das potencialidades auditivas e linguísticas da criança. O despiste pelo teste acústico neonatal e nas estruturas educativas é, assim, uma boa aposta.

Têm igual importância a **Intervenção** Médico-cirúrgica, de preferência precoce, aliada a mecanismos compensatórios e à re(h)abilitação protética.

Se a cirurgia visa essencialmente corrigir ou solucionar problemas dos ouvidos externo e médio, o implante coclear visa a estimulação direta do nervo auditivo por estimulação elétrica. Os mecanismos compensatórios mais importantes como a leitura labial, a inteligência pessoal e vontade de recuperação do défice auditivo ajudam a melhorar a discriminação da voz humana. As próteses auditivas elaboradas com a grande preocupação estética funcional, com componentes miniaturizados visam o restabelecimento dos limiares auditivos com a respetiva adequação à intensidade do som.

Pela importância da perda auditiva esta tem sido uma preocupação desde sempre, motivando a procura de soluções técnicas para compensar ou mesmo ultrapassar estes défices sensoriais.

Na criança a atuação aos níveis da prevenção, do diagnóstico e da intervenção exige que os diversos países disponham de recomendações, equipas, salas e equipamentos especializados para a avaliação da audição dos recém-nascidos e das crianças, e para a adaptação protética com próteses auditivas convencionais ou com implantes, sistemas de apoio à escuta e terapia da fala para o desenvolvimento da linguagem oral, e ainda, de um serviço de apoio e orientação às famílias.

É usual disporem de Programas de **rastreio auditivo neonatal, monitorização de bebés de risco para alterações auditivas, diagnóstico audiológico, seleção e adaptação de aparelhos de amplificação sonora e terapia da fala**. No que concerne às crianças dos zero aos três anos, as recomendações advertem para procedimentos de diagnóstico, adaptação de aparelhos de amplificação sonora individual e intervenção precoce, com o objetivo de dar à criança oportunidades de linguagem para que possam melhorar o seu desempenho académico e inclusão social.

O **rastreio auditivo neonatal** é efetuado a bebés recém-nascidos para identificação de possíveis défices auditivos, com os objetivos da identificação e da intervenção precoce. É efetuado na própria maternidade até 48 horas após o nascimento ou noutro local indicado pelo médico neonatologista. Usualmente os programas assentam na monitorização audiológica até aos 3 anos das crianças de alto risco para deficiência auditiva que têm acompanhamento audiológico com o objetivo de identificação de possíveis perdas auditivas progressivas ou de aquisição tardia, de acordo com recomendações nacionais e internacionais.

O **diagnóstico audiológico** completo é efetuado a todas as crianças com suspeita de perda auditiva com possibilidade de confirmação do diagnóstico desde o primeiro mês de vida.

A **seleção e adaptação de aparelho de amplificação sonora** é efetuada às crianças com diagnóstico do défice auditivo devendo iniciar-se de imediato o processo de intervenção, que inclui seleção e adaptação de dispositivos eletrónicos que permitam o aproveitamento da audição residual e a terapia da fala. A re(h)abilitação centra-se igualmente na família para o desenvolvimento de habilidades auditivas e de linguagem.

As crianças com défices auditivos utilizadoras de próteses auditivas ou de implantes cocleares têm acompanhamento audiológico e de linguagem periódicos para possíveis ajustes e orientações à família, e aos técnicos envolvidos.

Num contexto de avaliação precoce para que se possa intervir o mais atempadamente possível para garantir o pleno desenvolvimento do indivíduo, pode perceber-se a importância do diagnóstico precoce através do **Rastreio Auditivo Neonatal Universal (RANU)**, um programa simples que permite identificar, logo à nascença, os casos de surdez congénita, independentemente dos grupos de risco, conforme apresentado já anteriormente, e que segundo Jakubíková, Kabátová, Pavlovcinová

e Profant, (2009) se o rastreio não for universal cerca de 30% das hipoacusias, permanecem por detetar até aos três anos de idade.

Como se lê na introdução após o nascimento o sistema auditivo vai completando a sua maturação, que vai influenciando o desenvolvimento da linguagem oral, que envolve aquisições e aprendizagens que fazem do mesmo um processo complexo e demorado, e que irá estar comprometido quando surge qualquer perturbação no sistema auditivo.

A figura 2.16 mostra resumidamente o desenvolvimento fonológico da percepção e da produção, desde o nascimento até ao primeiro ano de vida.

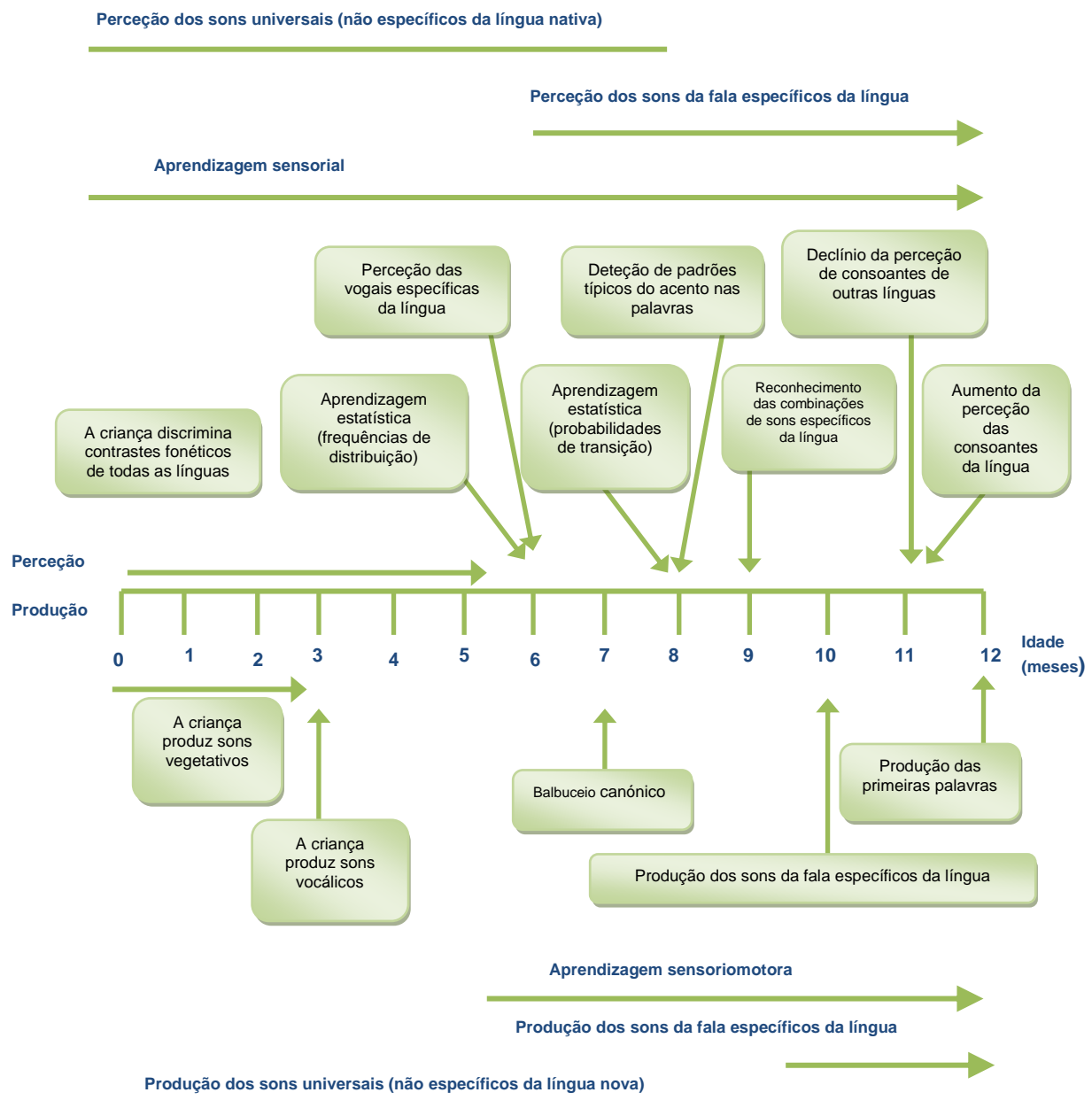


Figura 2.16 - Desenvolvimento da Linguagem.
Fonte: Traduzido e adaptado de Kuhl (2004).

Segundo Guerreiro (2007) apesar das diferenças existentes entre as várias línguas, são conhecidos padrões de aquisição e desenvolvimento fonológico universais. Para que o mesmo evolua de acordo com a normalidade é importante que o desenvolvimento auditivo se processe normalmente como mostra a tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Desenvolvimento Auditivo Normal desde o nascimento até ao quinto ano de vida.

Idade	Desenvolvimento Auditivo Normal da Criança
Nascimento – 3 Meses	Cala-se ao reconhecer a sua voz; sorri ou interrompe atividades momentaneamente quando conversam com ela; acalma-se com a voz da mãe; assusta-se com sons fortes (piscando os olhos); balbucia; sorri quando vê familiares; cada choro tem um significado consoante as suas necessidades.
4 – 6 Meses	Tem uma melhor percepção; presta atenção a sons; olha em direção à fonte sonora; deve localizar o som apresentado no plano horizontal; deve responder a mudanças no tom de voz; na fala aparecem muitos sons de p, b, e m; emite expressão de alegria ou tristeza com a fala; emite sons quando está a brincar sozinha; vocaliza reciprocamente com o adulto.
7 Meses – 1 Ano	Deve localizar o som apresentado em qualquer plano; tem atenção quando lhe falam olhando para a fonte sonora; responde ao nome mesmo quando é falado em voz baixa; responde a perguntas simples; tem interesse em canções e rimas acompanhadas por gestos; articula sons simples (bábá, tátá); chama a atenção imitando os sons da fala; articula as primeiras palavras (mamã, papá).
1 – 2 Anos	Aponta em direção a um som inesperado, a objetos familiares ou pessoas quando solicitada; distingue as diversas partes do seu corpo; entende perguntas simples; quando nomeadas indica as figuras num livro; faz perguntas com uma ou duas palavras; aumenta o vocabulário com o decorrer dos meses; cerca dos 21 meses pode realizar audiometria condicionada.
2 – 3 Anos	Obedece a ordens (dá o boneco); pede objetos apontando ou pelo nome; entende o significado de algumas palavras (entra/sai); os que lhe são próximos entendem a sua fala.
3 – 4 Anos	Escuta sons à mesma intensidade que os seus cuidadores; percebe que é chamado mesmo noutra divisão da casa; conta o que fez no jardim-escola.
4 – 5 Anos	Escuta e percebe grande parte do que é falado; faz perguntas simples relacionadas com histórias que ouve; utiliza mesmas palavras que os cuidadores; comunica facilmente com adultos e crianças.

Fonte: Guerreiro (2007).

Os cuidadores deverão estar atentos às alterações no desenvolvimento da fala consoante a idade da criança como as que a tabela 2.4 mostra.

Tabela 2.4 - Desenvolvimento Anômalo da Fala.

Idade (Meses)	Critério para Investigação de Crianças com Atraso da Fala
12	Não balbucia ou não imita a voz.
18	Não fala palavras isoladas.
24	Vocabulário de palavras únicas igual ou inferior a 10 palavras.
30	Menos que 100 palavras; sem evidência de combinação de 2 palavras; ininteligível.
36	Menos que 200 palavras; não utiliza frases telegráficas; clareza inferior a 50%.
48	Menos que 600 palavras; não utiliza frases simples; clareza igual ou inferior a 80%.

Fonte: Traduzido e adaptado de Matkin (1984).

Do ponto de vista **Educacional** a perda auditiva ligeira impede que o indivíduo perceba igualmente todos os fonemas constituintes da palavra, e também que a voz fraca ou distante não seja ouvida. Habitualmente o aluno é considerado desatento, e solicita frequentemente que repitam aquilo que lhe falam. Esta perda não impede a aquisição normal da linguagem, mas pode causar perturbações na articulação e dificuldades na leitura e/ou escrita.

A perda moderada implica frequentemente o atraso da linguagem e alterações articulatorias, podendo haver problemas linguísticos mais sérios. O aluno tem maior dificuldade auditiva em ambiente ruidoso, identifica palavras mais significativas, mas apresenta dificuldade em compreender determinados termos de relação e/ou frases gramaticais complexas, estando a sua compreensão verbal intimamente ligada à sua aptidão para a percepção visual.

A perda severa permite apenas que o indivíduo identifique alguns ruídos familiares, e perceba apenas a voz forte, podendo chegar até aos quatro ou cinco anos sem aprender a falar. A aptidão para usar a percepção visual e para observar o contexto das situações vai condicionar a compreensão verbal.

A perda profunda não permite ao indivíduo as informações auditivas necessárias para identificar e perceber a voz humana, impedindo-o de adquirir naturalmente a linguagem oral.

As consequências da surdez no desenvolvimento da linguagem variam em função da gravidade da perda e da idade em que surge. Assim na **Surdez Pré-verbal** (antes da aquisição da linguagem) na hipoacusia ligeira os problemas atrás descritos muitas vezes passam despercebidos pela família. Na hipoacusia moderada a adaptação protética adequada e a terapia da fala durante a infância podem permitir o desenvolvimento normal da linguagem e a frequência da escola comum. Na surdez severa a adaptação protética e um acompanhamento precoce e intenso podem permitir à criança uma articulação de voz inteligível e boa compreensão. Na surdez profunda habitualmente a voz e a pronúncia estão muito alteradas e a aquisição da linguagem oral é difícil.

A **Surdez Pós-verbal** que ocorre após um primeiro processo de aprendizagem da linguagem oral tem menos repercussões no desenvolvimento, dos aspetos fonéticos, léxicos e morfossintáticos, face à anterior. As consequências na compreensão estão também relacionadas com a importância da perda, podendo trazer igualmente consequências afetivas e sociais tais como: isolamento, regressões entre outras, e podendo ainda afetar o desenvolvimento pessoal e a integração social.

2.7.1 Surdez Congénita

Sabe-se que cerca de uma em cada mil crianças nasce com défice auditivo, variando a perda entre moderada e severa e representando 80% dos indivíduos com deficiência auditiva permanente. Apenas, 20% apresenta deficiência auditiva adquirida.

Os **Fatores de Risco** para a deficiência auditiva incluem:

- A **História Familiar** de surdez ou de presença de doença hereditária associada a surdez, mesmo sem membros da família com deficiência auditiva;
- As **Malformações Congénitas** (que ocorrem no período de gestação) diretamente ligadas ao sistema auditivo ou, outras síndromes que envolvem malformações da face ou do sistema nervoso;
- As **Infeções Congénitas** como a rubéola, citomegalovírus, toxoplasmose, sífilis e herpes;
- É considerada também fator de risco qualquer **História de Infecção materna durante a gestação**, mesmo na ausência de sinais de doença fetal.

A surdez diz-se congénita quando os indivíduos nascem com défice auditivo parcial ou total, ou quando esta apesar de se manifestar tardiamente teve origem durante o desenvolvimento intrauterino, distingue-se da surdez adquirida que é aquela em que os indivíduos nascem com audição normal, mas por doença, acidente ou iatrogenia (complicações resultantes de tratamento médico) deixa de ser funcional.

A Surdez Congénita ocorre quando há ausência, alteração ou interrupção do desenvolvimento do órgão da audição, quando este já está parcialmente ou totalmente formado, por vezes acompanhado de malformações locais e por vezes de malformações de órgãos de outras regiões corporais.

Os fatores congénitos podem ser hereditários dependendo de fatores genéticos específicos, fazendo-se acompanhar ou não de malformações de outros órgãos, ou de origem cromossómica. Podem apresentar três tipos diferentes de transmissão hereditária: Autossómico dominante, Autossómico recessivo e Ligado ao cromossoma X. As causas adquiridas podem depender somente da mãe, como Toxemia gravídica, Doenças endócrinas e metabólicas. Nefrites. Submissão a radiações. Fome,

avitaminose. Tóxicas. Alterações físicas. Imunizações. Anemia. Ameaça de aborto. Metrorragias. Infecções bacterianas, víricas ou parasitárias.

A surdez congênita não sindrômica surge sem malformações associadas, quando não evolutiva, constitui um dos tipos mais frequentes de surdez hereditária e de transmissão recessiva. Quando evolutiva é normalmente bilateral, simétrica e de transmissão dominante.

Este tipo de surdez tem origem em causas endógenas ou exógenas, as primeiras ocorrem pela herança genética no momento da concepção enquanto as segundas não ocorrem por fatores hereditários, mas antes por condicionantes que provocam alteração no meio intrauterino, particularmente nos três primeiros meses da gravidez.

A figura 2.17 mostra os tipos de hipoacusia neurossensorial quanto ao período de ocorrência.

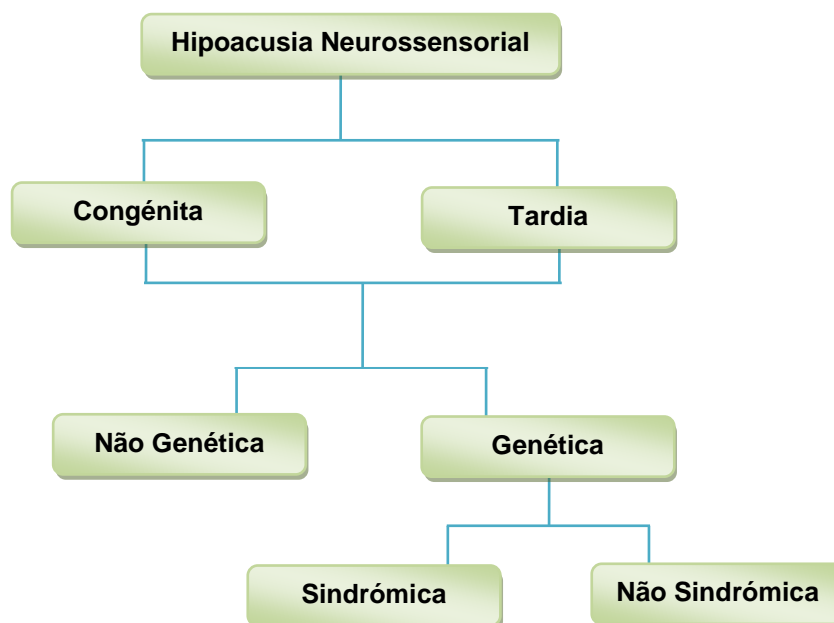


Figura 2.17 - Tipos de Hipoacusia Neurossensorial de acordo com o período de ocorrência.
Fonte: Elaboração própria (Junho, 2015).

2.7.1.1 Surdez Genética

A maioria dos casos de hipoacusia pré-verbal não sindrômica nos caucasianos relaciona-se com mutações no gene GJB2, sendo esta a causa principal de surdez no mundo industrializado.

São raros os casos em que a surdez surge com malformações associadas, embora haja síndromas que ocorrem com mais frequência como os de Waardenburg, Treacher Collins, Alport, Usher e Pendred; ainda assim, estas síndromas são responsáveis por 1 a 5% das surdezes genéticas. Segundo De Almeida (2007) estão já descritas mais de 400 síndromes genéticas que incluem surdez, entre as quais cerca de 30% responsáveis por surdez pré-verbal. Sabe-se também que consoante a

alteração ocorrida assim se pode manifestar uma surdez síndrômica ou não síndrômica, podendo apresentar qualquer um dos diferentes tipos de transmissão genética (Autossômica Dominante – AD, Autossômica Recessiva – AR, Ligado ao X e Mitocondrial).

Na surdez pré-verbal, em mais de 50% dos casos a causa é genética e de origem desconhecida, devendo-se as restantes situações a fatores externos e extrínsecos. Dos fatores genéticos 30% são síndrômicos e 70% são não síndrômicos.

O Diagnóstico Molecular, com a identificação do gene envolvido, torna possível o conhecimento das alterações ocorridas, para a maior parte dos casos, assim como as consequências da mutação e o tipo de transmissão hereditária.

O conhecimento atual já permite associar os genes às funções moleculares e celulares, permitindo compreender o envolvimento dos diferentes componentes das estruturas auditivas, nomeadamente as células ciliadas, as células não sensoriais, a membrana tectória e algumas estruturas envolvidas na transmissão do impulso nervoso. Esta informação poderá, teoricamente, num futuro próximo, ser associada à criação de próteses ou implantes que permitam compensar especificamente a função molecular comprometida.

Na atualidade, sabe-se que relativamente aos casos de défice auditivo associados à surdez congénita, entre 40 e 60% podem ser determinados geneticamente, que em 70% dos casos a surdez é não síndrômica e pode apresentar qualquer tipo de herança monogénica, e ainda que na surdez hereditária a transmissão autossômica recessiva situa-se entre os 60 e os 75% dos casos e a transmissão autossômica dominante se situa entre os 20 e os 30% dos casos. O mecanismo de transmissão recessivo ligado ao X situa-se entre os 2 e os 3%, e 20% dos casos estão ligados a fatores ambientais. Apesar de raro, o défice auditivo pode apresentar herança mitocondrial ou estar associado a aneuploidias cromossômicas acompanhadas de outros sinais. Os dados da incidência dos diversos tipos de défice são variáveis de acordo com os países e com as regiões.

Na grande maioria dos casos a surdez genética é congénita, no entanto, algumas formas só se manifestam durante a adolescência e idade adulta, levando à perda total ou cofose, como é o caso das formas de transmissão autossômica dominante. Noutros casos são os fatores genéticos os responsáveis pela suscetibilidade à surdez, condicionados por fatores ambientais que levam à sua manifestação.

O grupo de estudo das relações genótipo/fenótipo GENDEAF apresenta um conjunto de recomendações para a descrição de dados genéticos e audiológicos nas famílias com deficiência auditiva hereditária não síndrômica, direcionadas para investigadores, audiologistas e geneticistas, com o objetivo de facilitar a descrição dos aspetos genéticos e audiológicos da deficiência auditiva.

A tabela 2.5 apresenta uma lista de verificação baseada nas recomendações do GENDEAF.

Tabela 2.5 - Checklist para a descrição da deficiência auditiva genética.

Aspetos Genéticos	Aspetos Auditológicos
1. Nomenclatura e localização Nome do locus Localização cromossômica Nome do gene (se identificado) Nome do produto do gene (se identificado)	5. Tipo de hipoacusia
2. Mutações e função Mutações A função da proteína do gene (se conhecida)	6. Grau da hipoacusia
3. Origem da família Origem geográfica da família Etnia da família	7. Perfil audiométrico
4. Pedigree e herança Árvore genealógica Tipo de transmissão Penetrância Fatores de risco	8. Gama de frequências
	9. Unilateral/Bilateral
	10. Idade de aparecimento
	11. Progressão
	12. Acufenos
	13. Sintomas vestibulares e função
	14. Variabilidade intrafamiliar/ inter familiar

Fonte: Traduzido e adaptado de Mazzoli et al. (2003).

Segundo José Antonio López-Escamez (2011) a genética molecular permitiu nos últimos 20 anos a identificação de genes da hipoacusia através da análise de ligações familiares com vários casos de hipoacusia, mostrando-se esta metodologia muito útil no diagnóstico de doenças monogénicas de baixa prevalência, também consideradas raras. Para o mesmo autor a variabilidade do genoma determina o modo como o indivíduo responde aos fatores ambientais como o ruído, os fármacos ototóxicos, as infeções e a suscetibilidade ao desenvolvimento da hipoacusia no adulto. No seu artigo *“Papel de la medicina genómica en las enfermedades del oído medio e interno”* são abordadas as patologias mais comuns do ouvido e a sua associação genética. Relativamente à otite média serosa/otite média crónica estima-se que o componente hereditário se situe entre os 60-70%, conforme também referido por Casselbrandt e Mandel (Casselbrandt & Mandel, 2005).

Quanto à otosclerose López-Escamez salientou a identificação de 8 loci associados à otosclerose. Quanto à presbiacusia observou “um componente hereditário estimado entre os 40-50% e que se trata de uma doença genética complexa onde muitas variantes alélicas protetoras e de risco determinam o perfil individual de risco face à exposição a agentes ambientais como a exposição ao

ruído”. Quanto à doença de Ménière apesar de alguns achados, aposta na investigação de um consórcio internacional (*GENOMEN*), para iniciar um *Genome-wide association study* (GWAS) em 2000 adultos com doença de Ménière de origem europeia, e identificar marcadores genéticos da doença.

Em cerca de 60% dos casos de hipoacusia neurosensorial não síndrômica a causa é genética e apesar de mutações em vários genes diferentes poderem causar este problema na infância, o gene **GJB2** parece ser responsável por cerca de 50% dos casos, apresentando algumas mutações mais frequentes, destacando-se a mutação específica 30delG, que corresponde à deleção de uma base G na posição 30 do gene, estimando-se que um em 30 indivíduos europeus seja portador não afetado (heterozigoto). Este gene codifica uma proteína, a **conexina 26**, que está envolvida na função coclear. A frequência elevada da mutação da 30delG permitiu criar um teste genético específico para a detecção da causa genética mais comum da hipoacusia neurosensorial profunda não síndrômica, sendo apenas necessário para a sua realização uma amostra de sangue periférico ou um esfregaço bucal.

A figura 2.18 mostra o esquema da cóclea e do órgão de Corti onde estão representados os genes envolvidos na surdez e os locais onde os seus produtos são expressos. Os genes GJB2 e GJB6 estão assinalados a vermelho.

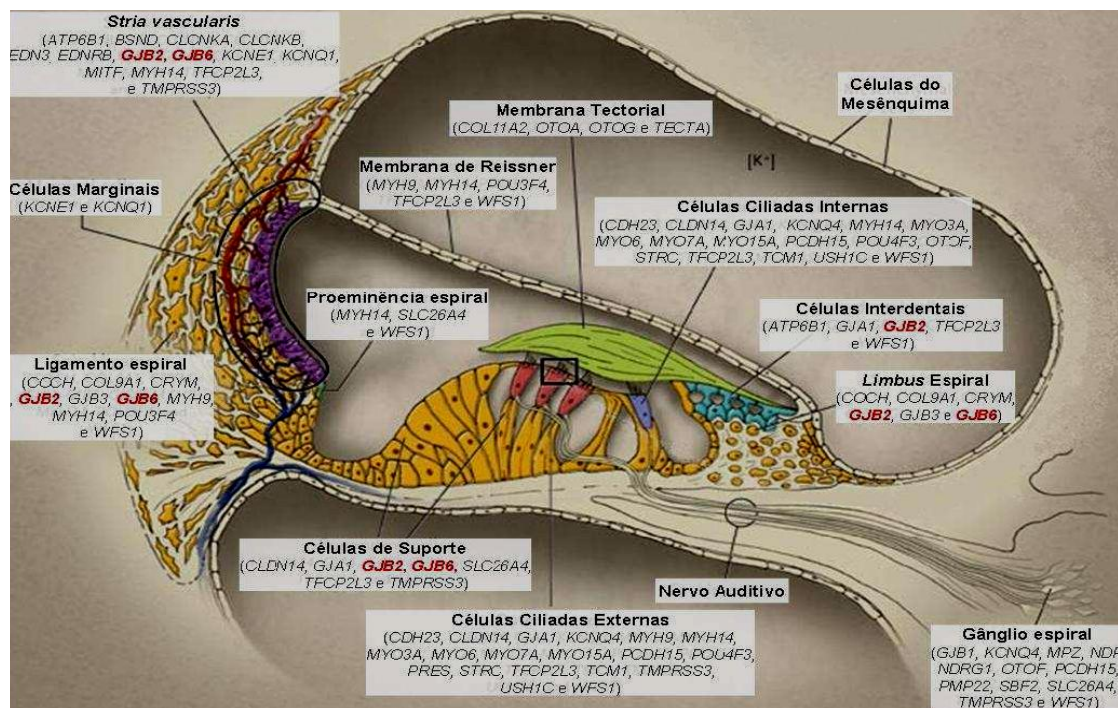


Figura 2.18 - Esquema da cóclea e do órgão de Corti onde estão representados os genes envolvidos na surdez e os locais onde os seus produtos são expressos.
Fonte: Traduzido e adaptado de Morton e Nance (2006).

Investigadores da Washington University School of Medicine in St. Louis identificaram um gene que é necessário para o desenvolvimento adequado do ouvido interno do rato, nos humanos este gene é o FGF20 e está localizado na porção do genoma que está associada à surdez hereditária em famílias

saudáveis. Os investigadores observaram que quando inativaram este gene o rato continuava saudável mas deixava de ouvir. A desativação do gene provocava a perda de dois terços das células ciliadas externas da cóclea responsáveis pela amplificação sonora, mas o número das células ciliadas internas responsáveis pela transmissão dos sinais amplificados ao cérebro mantinha-se. Estes achados colocaram em evidência o desenvolvimento independente de ambos os tipos de células, achados muito importantes porque a surdez relacionada com o envelhecimento e com a exposição ao ruído devem-se à perda das células ciliadas externas. A sinalização FGF20 é um passo necessário em direção ao objetivo de regenerar as células ciliadas externas em mamíferos, que são os únicos vertebrados incapazes de restabelecer a audição (Huh, Jones, Warchol & Ornits, 2012).

As tecnologias do *Bioprofile* farão com que os médicos possam prever objetivamente a suscetibilidade e o aparecimento de diversas doenças com anos de antecedência, diagnosticar com precisão, bem como planejar e monitorizar a resposta à terapêutica adaptada às necessidades individuais. O conhecimento da suscetibilidade que o indivíduo possa ter à maioria das doenças comuns, irá certamente incluir o conhecimento do risco de hipoacusia. O *Bioprofile* será uma norma, apontada no Relatório Cost Foresight 2030, que estima que nessa altura seja efetuada a cada indivíduo no momento do nascimento a colheita de uma amostra de sangue para determinar a sequência do seu genoma.

2.7.1.2 Surdez Não Genética

A surdez não genética não ocorre por doença hereditária. Neste tipo de surdez não se pode negligenciar a infeção pelo citomegalovírus (**CMV**), que representa a causa viral mais significativa de defeitos de nascimento em países industrializados, sendo maior em países em desenvolvimento e em comunidades cujo estado socioeconómico é mais deficitário. O CMV é também um vírus de transmissão vertical (da mulher grávida para o feto em desenvolvimento por via trans placentária), que ocorre com maior frequência. A sua ocorrência é de cerca de 1% dos recém-nascidos e é assintomática em cerca de 90% dos casos, dos 10% dos casos que apresentam sintomas, 20 a 30% apresentam quadros graves que exigem cuidados intensivos no período neonatal. Como consequência estão as sequelas neurológicas de maior ou menor gravidade, entre as quais a hipoacusia neurosensorial que surge habitualmente após infeções assintomáticas no período neonatal. O diagnóstico desta infeção congénita faz-se pela pesquisa de virúria para o CMV nas primeiras três semanas de vida, o isolamento viral é o melhor método de diagnóstico e faz-se a partir da urina ou secreções. Se realizar-se após os vinte e um dias de vida é difícil estabelecer o diagnóstico de infeção congénita.

Williamson et al. (1982) e Stagno e Britt (1995) referem que nos dois primeiros anos de vida cerca de 90% das crianças que sobrevivem à citomegalovirose congénita sintomática e cerca de 10 a 25% das crianças assintomáticas desenvolvem sequelas significativas, entre as quais o atraso do

desenvolvimento neuro psicomotor, crises convulsivas, afeção ocular por coriorretinite e hipoacusia uni ou bilateral.

Segundo Stagno, Pass, Dworsky e Alford (1982) e Alford, Stagno, Pass e Britt (1990) os citomegalovírus são reconhecidos atualmente como os agentes mais comuns de infecção congénita no homem, sendo maior em populações onde a seropositividade materna é elevada.

2.8 AJUDAS TÉCNICAS

Desde longa data que o homem tem procurado minimizar o impacto pessoal do indivíduo com deficiência auditiva. Hoje procura minimizar igualmente o impacto financeiro que esta desvantagem acarreta na sociedade.

As Ajudas Técnicas como as Próteses Auditivas e os Sistemas de Apoio à Escuta são o primeiro recurso para as diversas respostas dos programas de re(h)abilitação auditiva das pessoas portadoras desta deficiência, por serem meios indispensáveis à sua autonomia e integração.

Ao longo dos tempos as próteses auditivas têm sofrido grandes alterações, em particular ultimamente com a adoção da tecnologia digital que proporcionou a miniaturização dos componentes e o seu automatismo, tornando-as mais pequenas e “inteligentes”. Muito simplificada quanto ao seu funcionamento pode dizer-se que possuem um microfone que capta o som que é processado eletronicamente e direcionado para o recetor (um auscultador) que emite o sinal sonoro para o sistema auditivo do indivíduo, já convertido no som mais natural que este consegue ouvir. Hoje em dia integram características que possibilitam melhor desempenho das funcionalidades, tornando mais agradável a escuta dos sons e das palavras.

Na atualidade a hipoacusia neurossensorial não tem tratamento médico ou cirúrgico. Para o seu tratamento utilizam-se as próteses auditivas que, apesar dos grandes avanços tecnológicos, são ajudas técnicas e não substituem o próprio ouvido.

2.8.1 Prótese Auditiva

Para um melhor enquadramento teórico, pareceu interessante efetuar uma resenha histórica até aos dias de hoje, obviamente não exaustiva sobre a evolução das próteses auditivas, também designadas por aparelhos auditivos.

Caminhando ao longo dos tempos está escrito na história que o Imperador Romano Adriano (117-135 d.C.) para ouvir melhor posicionava a mão em concha atrás do ouvido, o que permite uma pequena amplificação dos sons, por isso faz pensar que foi esta a primeira prótese auditiva. As cornetas acústicas (funis) surgiram no século XVII, e Graham Bell, professor de pessoas com deficiência

auditiva em Boston a partir da sua invenção do telefone em 1876 adaptou esta tecnologia à primeira prótese auditiva elétrica que viria a ser utilizada em 1896 em Inglaterra, e que era composta por um microfone de carbono e possuía um recetor e uma fonte de energia elétrica, o seu ganho era limitado.

Pode considerar-se relativamente à tecnologia das Próteses Auditivas cinco épocas distintas:

A época **acústica**, quando se começaram a comercializar os primeiros aparelhos auditivos para a amplificação dos sons, e onde se enquadram as cornetas acústicas e os tubos de fala.

A época do **carbono**, quando surge o modelo de caixa que se usava no bolso e que possuía um fio que fazia a ligação a um molde introduzido no ouvido; estes equipamentos começaram a ser produzidos em série, aplicando e adaptando a tecnologia utilizada no telefone.

A época da **válvula**, quando os aparelhos auditivos começaram a utilizar o amplificador de válvula. Trouxe grandes progressos em termos de amplificação, com uma melhor resposta frequencial e diminuição do ruído interno (de alimentação).

A época do **transístor**, quando as válvulas foram substituídas pelos transístores, e surgiram as pilhas e os microfones; o tamanho do aparelho foi reduzido e colocado nas hastes dos óculos. Surge o primeiro aparelho retro auricular.

Entre 1960 e 1980 os aparelhos retro auriculares apresentavam o seu tamanho cada vez mais reduzido e a qualidade sonora melhorou. Começaram a utilizar-se os circuitos integrados na sua produção, e surgiram os primeiros aparelhos com microfones direcionais e também os primeiros aparelhos dentro do canal (cápsula e circuito eletroacústico dentro do canal auditivo externo).

O aparecimento da microeletrónica permitiu miniaturizar os componentes e a aplicação da tecnologia digital nas próteses auditivas.

Entre 1980 e 1990 surgem os aparelhos auditivos digitalmente programáveis cujo processamento dos sons de entrada deixou de ser linear (a quantidade de amplificação é a mesma para todas as intensidades sonoras de entrada), como até então, e passou a ser não linear, isto é, quando há alteração automática nos parâmetros de amplificação onde se inclui a compressão dinâmica que permite maior ganho para sons mais baixos e menos perceptíveis e em simultâneo menor ganho para os sons moderados e mais intensos, tornando assim a escuta mais confortável, em particular a da fala. Os aparelhos podem apresentar diversos programas de conforto e surgem os de adaptação profunda *completely-in-the-canal* (CIC), mais estéticos e menos visíveis.

A época **digital** quando entre 1990 e 2000 surgiram os aparelhos auditivos cujo processamento de som é digital. São totalmente automáticos e podem ter vários programas de ajuste onde a programação e o seu controle é efetuado por computador. Em 1995 surgiu o primeiro aparelho intra canal 100% digital e, em 1997 o primeiro aparelho digital de adaptação profunda. Hoje esta é a tecnologia que permite maior facilidade de adaptação à performance da prótese auditiva relativamente aos ambientes de escuta e das necessidades específicas individuais.

A figura 2.19 mostra o desenvolvimento das próteses auditivas desde 1800 onde se usavam as cornetas acústicas até à atualidade onde as próteses auditivas miniaturizadas digitais são a norma.

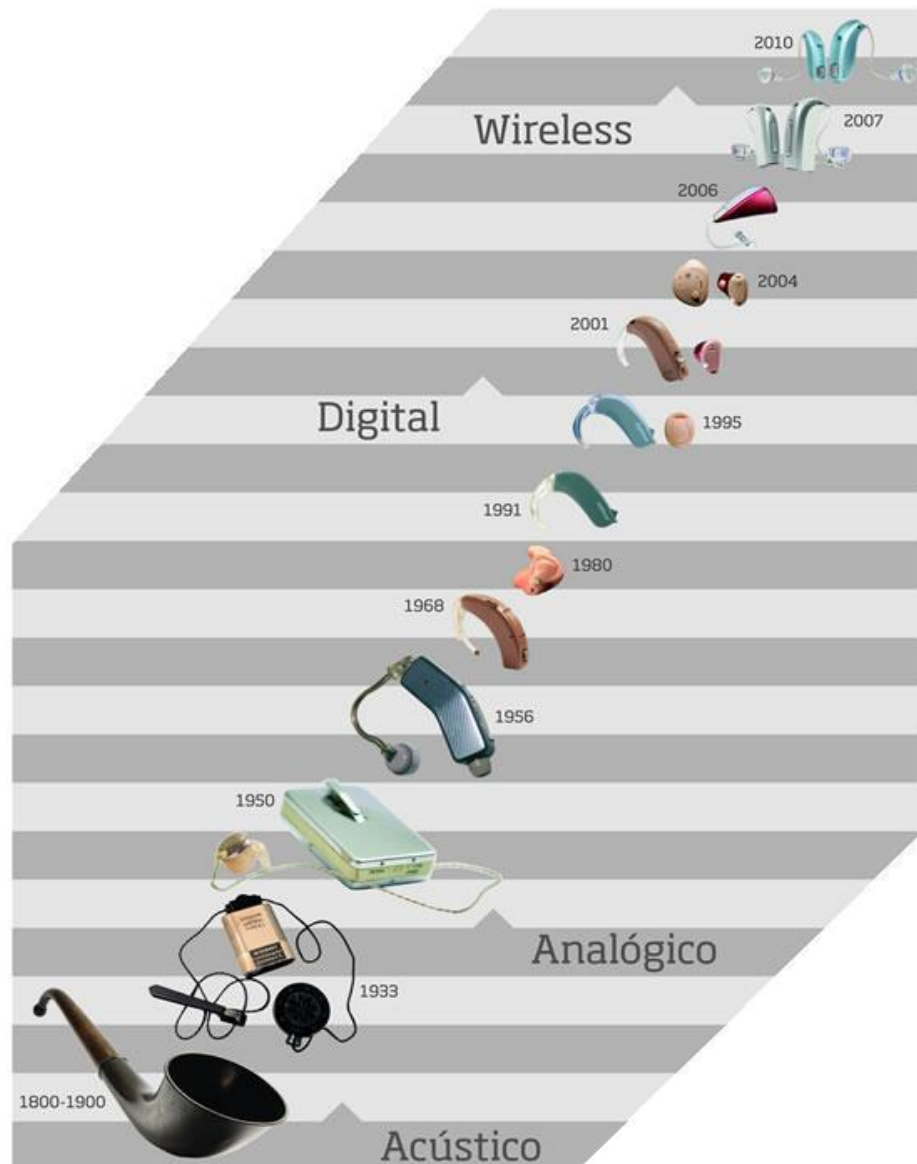


Figura 2.19 - Evolução das Próteses Auditivas.
Fonte: Adaptado de Revista Encontro (2014).

Desde os seus primeiros tempos e até à atualidade, e mais recentemente devido aos avanços tecnológicos dos circuitos e da deteção automática da fala, que os aparelhos auditivos têm sofrido grandes alterações, entre elas conta-se a enorme redução do tamanho dos aparelhos retro auriculares, onde o auscultador que se encontrava dentro da própria caixa passa a ser colocado na ponta do tubo do molde que se introduz no canal auditivo, beneficiando a estética e a funcionalidade.

Precisando o conceito atual de prótese auditiva, podemos dizer que é uma ajuda técnica que auxilia o ouvido a perceber os sons, a amplificá-los e a transmiti-los. É constituída por três componentes fundamentais: o microfone, o amplificador e o auscultador. O primeiro destes três dispositivos eletrônicos capta o som de um sinal acústico e converte-o num sinal elétrico, o segundo amplifica o som modificado, criando um sinal mais forte, e o terceiro converte o sinal elétrico em sinal acústico.

Atualmente as próteses auditivas digitais, possuem um circuito integrado cujo *chip*, com alta velocidade de processamento de som, permite ajustes automáticos, tais como a redução de ruído e o ênfase de sons importantes para a compreensão da fala, podendo comportar tecnologia *Bluetooth* que permite a ligação a equipamento de áudio. A sua estimulação é acústica.

A mais avançada tecnologia permite, sem necessidade de recorrer a cirurgia e a anestesia, e demorando a adaptação protética aproximadamente uma hora, uma adaptação profunda a 4 milímetros do tímpano, com considerável redução de *feedback* e de *output* e cujos movimentos não implicam a deslocação da prótese. Após 120 dias, ou se a prótese deixar de atuar, o utilizador irá ao Centro de Reabilitação para readaptação que pode demorar cerca de 10 minutos. Esta prótese não precisa de ser retirada para tomar banho.

Apesar da utilização das próteses auditivas eletroacústicas convencionais não ser invasiva, e dos avanços tecnológicos e estéticos com que têm contado ao longo dos tempos, não substituem o próprio ouvido. A sua aceitação não é de todo universal, sendo somente utilizadas por uma pequena percentagem de indivíduos com hipoacusia. Em média só começam a ser utilizadas sete anos após a perceção do défice auditivo. Entre os utilizadores 30 a 50% não estão satisfeitos com a sua utilização, indicando como principais razões a má qualidade sonora, *feedback*, oclusão, irritação, humidade, estigma social e estética.

É preciso fazer algo. O cérebro para ouvir armazena sons e ruídos até três anos após o início de uma perda auditiva, mas depois de cerca de sete anos de privação sensorial, a memória torna-se cada vez mais fraca e então, nem mesmo uma prótese auditiva será capaz de transformar os sinais sonoros de entrada em informações compreensíveis. Isso significa que o cérebro não reconhece os sons nem os ruídos familiares, por ex. o ruído do frigorífico, do micro-ondas ou do computador. O cérebro vai ter de aprender a ouvir tudo de novo.

Mais um passo foi dado por um grupo de pesquisadores da Universidade do Colorado quando no seu estudo muito recente (maio de 2015) aplicaram os princípios essenciais da plasticidade (capacidade do cérebro para alcançar novas conexões) para satisfazer a questão – Como responde o cérebro à perda auditiva?

No estudo os investigadores utilizaram o EEG em adultos e crianças com surdez e perda auditiva menos acentuada com o objetivo de perceber como os seus cérebros respondem quando comparados com a resposta de indivíduos norma ouvintes quando submetidos a um mesmo estímulo sonoro através de alto-falantes, com a pretensão de evocar uma resposta sob a forma de ondas cerebrais originadas no córtex auditivo. Descobriram que as áreas do cérebro responsáveis pelo

processamento da visão ou tato podem recrutar ou assumir as áreas onde a audição é normalmente processada, mas que recebem muito pouca ou nenhuma estimulação em caso de déficit auditivo. A isto chama-se “*cross modal*”, reorganização cortical, e reflete a propriedade essencial do cérebro para compensar em resposta ao seu ambiente.

Os investigadores concluíram ainda que este recrutamento *cross modal* da função auditiva do cérebro pelos sentidos da visão e do tato, não ocorrem só em pessoas com surdez, mas também em indivíduos adultos com perda de audição moderada. Os resultados do seu estudo sugerem que: mesmo em fase inicial de perda de audição relacionada com a idade as partes do cérebro utilizadas na audição podem reorganizar-se; “as mudanças compensatórias aumentam a carga global sobre os cérebros dos adultos mais velhos”, implicações clínicas importantes para o desenvolvimento de programas de rastreio precoce da perda auditiva em adultos (Sharma, 2015).

Prevê-se que na próxima década a tecnologia digital em primeiro plano na linha de pesquisa irá sofrer grandes desenvolvimentos na qualidade de som e na facilidade de utilização das próteses auditivas. Estas serão tão fáceis de usar como o fone do *Bluetooth*, prevendo-se que os consumidores mais jovens comecem a usá-las muito mais cedo do que os seus avós fizeram. Poderão funcionar em simultâneo como um telemóvel permitindo a comunicação por voz e por dados.

O envelhecimento da geração *Baby Boomer* e da população em geral irá fazer com que mais pessoas usem próteses auditivas. Irão aparecer aplicações tão sofisticadas que tornarão possível efetuar testes às próteses auditivas através do telemóvel, e fazer *download* de aplicações através das mesmas, aumentando o sucesso entre os clientes mais jovens e os mais velhos. Tornar-se-ão mais agradáveis esteticamente, serão menores e mais hábeis na captação dos sons. O modelo dentro do ouvido pode dar lugar a um modelo fora do ouvido disfarçado para que se pareça com brincos ou outros acessórios. Pensa-se que a tendência dos avanços da tecnologia das próteses auditivas com a respetiva competição entre empresas para impor a sua versão no mercado fará à semelhança do que aconteceu com outras tecnologias com que estas se tornem mais baratas.

Há, no entanto, diversas situações, como nos casos de oclusão ou de supuração, hipoacusia profunda, fraca inteligibilidade e patologias específicas, onde a utilização de prótese auditiva eletroacústica convencional é desaconselhada. Nestes casos os implantes auditivos, nomeadamente os Implantes Auditivos Osteointegrados (*Bone Anchored Hearing Aid – BAHA*), os Implantes do Ouvido Médio, Implantes Cocleares, a estimulação Eletroacústica e os Implantes do Tronco Cerebral, poderão ser uma alternativa ao tratamento da hipoacusia. Não obstante carecem de intervenção cirúrgica, e o custo do equipamento e da adaptação é comparativamente muito mais elevado,

2.8.2 Implante Auditivo Osteointegrado – Bone Anchored Hearing Aid – BAHA

Desenvolvidos na Suécia por Anders Tiellstrom e pela sua equipa começaram a ser utilizados em 1977, a sua funcionalidade faz-se através de um processador de som fixo por um pilar que está ligado ao implante que, por sua vez, está “ancorado” no osso da mastoide por osteointegração e que faz com que a audição se processe através de condução óssea, sendo o som transmitido diretamente pelo osso do crânio através de um implante de titânio não passando pelo ouvido medio.

Estes implantes de condução óssea, estão indicados em casos de malformação congénita bilateral do ouvido medio e/ou externo, em casos de supuração crónica do ouvido, em caso de surdez unilateral, em hipoacusia de transmissão contra lateral por doença ossicular, em pacientes com otosclerose sem indicação ou que não pretendem efetuar uma estapedectomia e ainda em casos de hipoacusia neurossensorial unilateral. Os limiares de condução óssea não deverão ser superiores a 65 dB e a discriminação verbal deverá ser igual ou superior a 60%.

As capacidades físicas, psicológicas e emocionais, bem como o desenvolvimento do paciente são essenciais para a higiene e funcionamento do sistema. Deverá ter também suficiente volume e qualidade do osso que permita a ancoragem do implante, pelo que as crianças não deverão ser implantadas antes dos dois ou três anos de idade. No entanto, podem utilizar o processador BAHA desde os três meses de idade com uma fita elástica. A condução óssea percutânea estimula a cóclea, mas há uma perda entre os 10 e os 15 dB relativamente à cirurgia.

Rasmussen e colaboradores do Rigshospitalet de Copenhaga publicaram em 2012 uma avaliação de longo termo (período de 18 anos) sobre a satisfação de pacientes com BAHA. Neste estudo retrospectivo foi distribuído um questionário postal com o objetivo de identificar os diversos fatores que levaram à satisfação/insatisfação de pacientes com os seus BAHA. O questionário foi desenvolvido pelos próprios investigadores e teve como principal objetivo obter uma impressão individual das práticas dos pacientes, satisfação geral e experiências com o seu BAHA relativamente ao tempo de utilização, qualidade de som, incómodo trazido por ruído, facilidades de comunicação, estética e ainda perceber o grau de satisfação com o BAHA entre os familiares e amigos dos utilizadores (aspeto não antes avaliado).

A amostra incluiu os pacientes que recorreram ao Rigshospitalet de Copenhaga para implantação de BAHA, entre 1989 e 2007, a taxa de resposta foi de 92.4%. É referido no estudo que 86% estavam satisfeitos ou muito satisfeitos e 99% podiam comunicar num frente a frente. O fator de maior insatisfação identificado por 70% dos pacientes foi com a perturbação devido ao ruído do vento; outros respondentes queixaram-se também do tempo de espera de reparação, *do feedback* e do tamanho do *telecoil*.

Os investigadores concluíram que o BAHA é efetivamente uma ajuda técnica da audição com uma alta taxa de satisfação dos utilizadores ao longo do tempo, e uma solução válida para pacientes que

não podem utilizar as próteses auditivas convencionais. Concluíram ainda que apesar das características dos novos BAHA no que concerne à resolução de problemas como o ruído do vento e de *feedback*, para a avaliação do benefício e dos desejos dos utilizadores, mais estudos serão necessários.

2.8.3 Implante do Ouvido Médio – IOM

Apesar da primeira investigação dos Implantes do Ouvido Médio ter começado com Wilska em 1935 que pretendia uma alternativa mecânica à estimulação acústica, e tendo este realizado experiências com partículas de ferro na membrana timpânica estimuladas por um campo eletromagnético, e verificado que os sujeitos percebiam tons puros. Foi na década de setenta que se atingiu o ponto muito próximo da atualidade.

Os IOM são dispositivos eletrónicos que se implantam total ou parcialmente com a finalidade de compensar a perda auditiva através da estimulação da cadeia ossicular, ou das janelas redonda ou oval, consoante o tipo de transdutor do sinal utilizado na estimulação podem ser eletromagnéticos, piezoelétricos e eletromecânicos.

Estes implantes têm indicação mais alargada na terapêutica da hipoacusia neurosensorial e na hipoacusia mista, por ex. na otosclerose com envolvimento coclear acentuado, cavidades de esvaziamento e insucesso na reconstrução da cadeia ossicular.

Segundo Magnan e colaboradores (2005) o International Consensus on Middle Ear Implants recomenda que os indivíduos deverão ter: Mais de 18 anos; hipoacusia neurosensorial bilateral moderada a severa; a diferença entre a via aérea e a via óssea nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz não deverá ser superior a 10 dB em duas ou mais frequências; a discriminação da fala deverá ser superior a 50%; a anatomia do ouvido médio não deverá estar alterada; não deverá haver história de cirurgias anteriores do ouvido médio; ausência de patologia retro coclear; ausência de alterações vestibulares; em caso de experiência anterior negativa com prótese auditiva eletroacústica convencional e as expectativas deverão ser realistas (em particular, na compreensão das limitações do próprio IOM).

Atualmente persiste alguma controvérsia sobre a correta indicação destes implantes, que são mais estéticos, permitem relativamente às próteses auditivas convencionais melhor qualidade sonora e ausência de oclusão, no entanto, estas últimas poderão cumprir os mesmos objetivos sem necessitarem de intervenção cirúrgica e com custos inferiores. Com o aparecimento de novas tecnologias, a evolução da tecnologia do microfone (construído em materiais biocompatíveis), e das pilhas (aumento do tempo das recargas) caminha-se para uma maior fiabilidade dos implantes.

2.8.4 Implante Coclear – IC – ou Ouvido Biônico

Nos anos quarenta do século XX, durante a segunda guerra mundial, nos países mais avançados surgiram grandes laboratórios de pesquisa de soluções através da natureza. Foram os primeiros passos para a Bionica (bio=vida, ónica=eletrônica) que é um ramo da ciência que estuda processos biológicos, mecânicos e eletrônicos e que tem como finalidade o desenvolvimento de projetos compatíveis com o meio biológico, aprendendo com o mesmo.

Hoje, com o desenvolvimento da tecnologia Bionica é possível restaurar a audição daqueles que nascem sem ouvir ou adquirem surdez.

O IC ou ouvido biônico estimula diretamente o nervo auditivo substituindo as células ciliadas do ouvido interno e restaurando a função auditiva daqueles que não beneficiam de próteses auditivas convencionais, nomeadamente nos casos de surdez severa a profunda bilateral com níveis de discriminação inferiores a 40%. Tendo-se verificado bons resultados em indivíduos que perderam a audição na idade adulta, ou na infância após os 3 anos de idade, e também nos que nasceram surdos e foram implantados até aos 3 anos de idade.

A idade mínima para a implantação coclear tem vindo a diminuir; atualmente a U.S. Food and Drug Administration (FDA) estabelece um ano de idade como a idade mínima para o implante. Estudos recentes têm revelado a idade ideal de implantação um ano, a um ano e seis meses. Quando a criança com o IC beneficia de um acompanhamento correto, pode vir a ter uma vida “normal”, desenvolvendo a fala e a linguagem de modo semelhante à criança norma ouvinte.

Segundo Hamerschmidt e colaboradores (2010) a anestesia local e sedação para a cirurgia de IC é uma alternativa possível, em particular nos mais idosos e naqueles que apresentam contraindicações para a anestesia geral. Os autores consideram os riscos e a morbilidade menores.

O IC foi desenvolvido pelos australianos em 1974 e é na atualidade o recurso mais avançado com indicação para indivíduos com perda auditiva total ou quase total. É um equipamento eletrónico computadorizado, que contém um conjunto de elétrodos que são implantados na cóclea, e é a sua unidade interna que é implantada cirurgicamente e conectada ao recetor, decodificador, que fica junto à antena externa que capta os sinais elétricos. A unidade externa, por sua vez, contém o processador da fala, a antena transmissora e o microfone que capta o som e que o transmite ao processador da fala que seleciona e analisa os estímulos sonoros, em particular os da fala, e codifica-os em estímulos elétricos que são transmitidos através de um cabo à antena transmissora que, por sua vez, transmite os sinais através da pele por radiofrequência que chega à parte interna onde o recetor estimulador converte os códigos em sinais eletrónicos que libertam impulsos elétricos para os elétrodos na cóclea estimulando diretamente o nervo auditivo e conduzindo o impulso até ao cérebro. Trata-se de electroestimulação do nervo auditivo.

Os Implantes Cocleares contam-se entre os dispositivos biónicos de maior sucesso desenvolvidos até à atualidade. Desde os anos 70 do século XX que mais de 300000 pessoas em todo o mundo beneficiam da sua audição através destes implantes.

O primeiro IC em Portugal efetuou-se em 1985 no atual Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra; em 1992 foi implantada a primeira criança e em 2006 efetuou-se a primeira implantação binaural (em simultâneo). Em 2010 implantou-se uma criança com menos de um ano de idade. O país conta com cerca de 1050 pessoas utilizadoras de IC.

A imagem 2.20 mostra o IC e os seus componentes fundamentais.

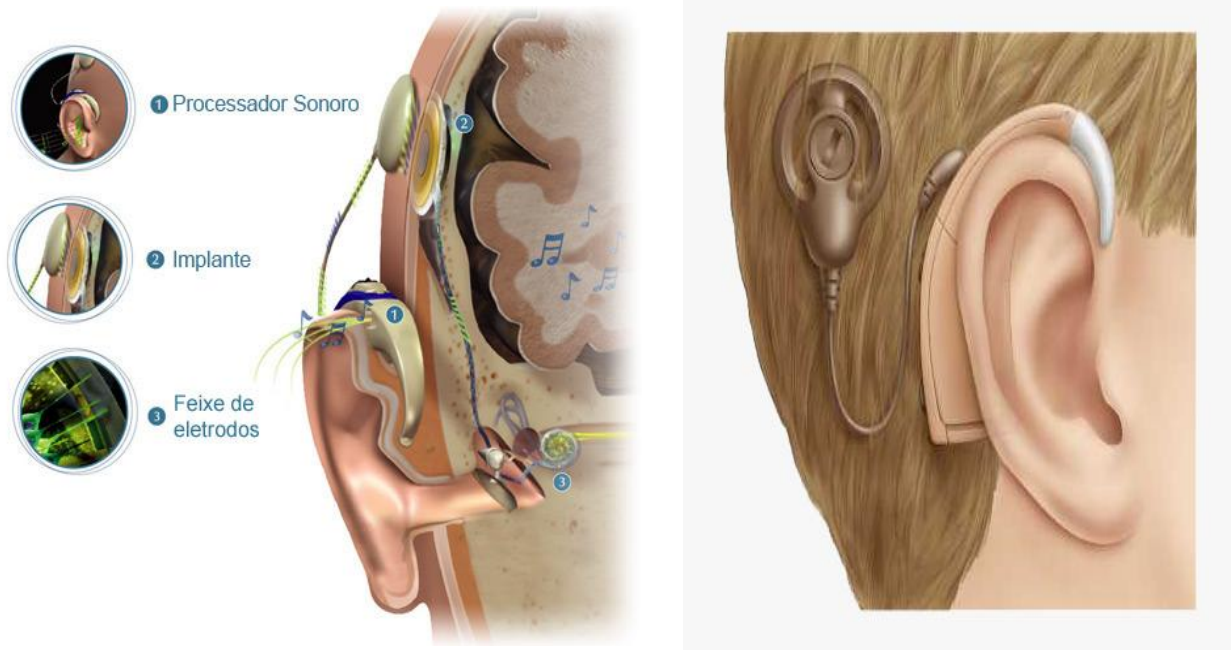


Figura 2.20 - Implante Coclear.
Fonte: Implante Coclear.Net (s.d.).

2.8.5 Estimulação Electro Acústica – EEA

Von Ilberg e colaboradores da Universitätsklinik Frankfurt, em 1999 foram os primeiros a descrever o conceito da combinação simultânea da estimulação eletroacústica (EEA) tendo como objetivo a melhoria da audição. Nesse mesmo ano implantou-se o primeiro sujeito.

Esta estimulação é possível através do uso de uma prótese auditiva e de um implante coclear em simultâneo no mesmo ouvido. A primeira amplifica acusticamente as baixas frequências enquanto, que o segundo estimula eletricamente as médias e as altas frequências fazendo com que o ouvido interno processe em simultâneo estímulos acústicos e elétricos. Estudos internacionais mostraram os benefícios desta tecnologia, em particular, na compreensão da fala no ruído, na discriminação da frequência e na apreciação da música.

Esta tecnologia continua a ser objeto de investigação havendo atualmente só um equipamento capaz de combinar a tecnologia do implante coclear com uma prótese auditiva digital onde o processamento dos sinais se faz em paralelo, mas a execução faz-se separadamente otimizando ambas as estimulações.

As indicações desta tecnologia vão para aqueles que apresentam uma audição residual nas baixas frequências (normal ou perda moderada), e perda auditiva severa ou profunda nas altas frequências, e que devido às características da sua perda conseguem apenas benefícios limitados com a amplificação convencional atendendo à gravidade da perda auditiva nas altas frequências, demonstrando dificuldades na compreensão mesmo nas melhores condições de escuta e de adaptação protética, não sendo também os tradicionais candidatos ao IC pela capacidade residual nas baixas frequências.

As contraindicações desta tecnologia prendem-se com perdas auditivas progressivas, doença autoimune, perda auditiva resultante de meningite, otosclerose ou ossificação, malformação ou obstrução da cóclea, Gap aéreo ósseo > 15 dB e contra indicações do ouvido externo para utilização de equipamentos de amplificação.

A técnica cirúrgica para aplicação desta tecnologia é específica e permite a preservação da audição residual do paciente, ao contrário do que acontece na maioria das cirurgias do IC em que a audição residual é destruída.

No atual Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, em 2009 implantou-se o primeiro sistema de implante coclear híbrido (junta as duas tecnologias, a do implante coclear e a das próteses auditivas).

2.8.6 Implante do Tronco Cerebral – ITC

Em 1979 House e Hitselberger do *House Ear Institute* colocaram o primeiro “ball eletrodo” num paciente com neurofibromatose tipo 2 durante a remoção do segundo schwannoma vestibular. O protótipo dos equipamentos de um só canal foram substituídos por equipamentos de múltiplos canais em 1992 e o equipamento “*The Nucleous multichannel ABI*” recebeu autorização para implementação pela FDA em Outubro de 2000.

Este implante visa a estimulação direta do complexo dos núcleos cocleares do tronco cerebral pela colocação do eletrodo ITC na recessão lateral do quarto ventrículo. Em termos de funcionalidade assemelha-se ao implante coclear. Possui um microfone que converte o som num sinal elétrico que por sua vez é modificado por um processador da fala e enviado ao eletrodo de referência pelas vias peri cutânea pedestal ou trans cutânea coil. Está indicado na descontinuidade ou disfunção do VIII par craniano (nervo vestibulococlear) bilateral, em consequência de schwannoma vestibular ou por remoção cirúrgica em indivíduos com mais de doze anos.

2.9 REABILITAÇÃO PROTÉTICA

Desde longa data que o homem se preocupa em compreender a problemática da surdez e da sua reabilitação.

Segundo Tye-Murrey (1998) os objetivos da reabilitação são: “minorar as dificuldades associadas à perda auditiva e minimizar as suas consequências”. Para a mesma autora a reabilitação auditiva para além do diagnóstico e da quantificação da perda auditiva deverá incluir a provisão de aparelhos de escuta apropriados, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos indivíduos com perda auditiva e minimizar as consequências negativas do custo efetivo de uma incapacidade que caracteriza de invisível.

Com o objetivo de alcançar sucesso na adaptação protética, ao longo dos anos tem vindo a estudar-se, e têm sido adotados diversos procedimentos na pesquisa das características eletroacústicas otimizadas para o ouvido patológico. Segundo McCandless (1994) “a prótese auditiva deve fornecer amplificação apropriada para maximizar o reconhecimento da fala, prover boa qualidade de som, bem como amplificação que seja confortável”. O autor salienta que a resposta da prótese auditiva em ganho-frequência deverá procurar compensar a perda de sonoridade como resultado da perda auditiva.

Devendo considerar-se que indivíduos com hipoacusia neurosensorial aparentemente com a mesma morfologia nas diversas frequências (perfis audiométricos semelhantes) poderão apresentar diferenças no crescimento da sensação sonora na discriminação da intensidade do estímulo desde o nível do limiar até ao nível do desconforto (comportamentos completamente díspares face ao som), é um dos aspetos que faz com que as próteses auditivas para além dos elementos técnicos que a otimização eletroacústica atualmente permite tenham que ser ajustadas de forma personalizada.

O Audiologista deve verificar o quanto limitado está o nível de desconforto acima do limiar auditivo, bem como a dinâmica auditiva verbal, máximo de conforto acima do limiar de receção da fala. Tal ajudará na seleção e adaptação da prótese auditiva, levando em consideração circuitos de compressão com o objetivo de prevenir que sons fortes súbitos sejam amplificados e causem desconforto, e no caso de encontrar situações de distorção da discriminação verbal (*roll over*) terá de ter em atenção a pré seleção protética para mais facilmente controlar os níveis de saída da amplificação da prótese para não comprometer a percepção verbal.

O conjunto da informação acerca do indivíduo e da sua condição auditiva, com a tecnologia mais evoluída das próteses auditivas, permite a adaptação protética segundo as necessidades específicas e preferências individuais, maximizando a melhor qualidade sonora, nas diversas situações de escuta e ajustando-se segundo as circunstâncias. Não obstante a habilitação ou a re(h)abilitação auditiva na criança só resulta quando se procede ao diagnóstico e à intervenção precoce, tendo em conta o desenvolvimento da audição e da aquisição da linguagem que têm um período crítico no desenvolvimento, que não pode ser ultrapassado. Assim um conhecimento mais aprofundado sobre o

efeito das próteses auditivas no desenvolvimento da capacidade auditiva da criança pode beneficiar se houver instrumentos que tornem a adaptação protética ainda mais personalizada, podendo inclusive acompanhar as diferentes fases do desenvolvimento da criança e a plasticidade cerebral dos primeiros anos de vida, criando uma “prótese que cresça com as crianças”.

2.10 ELETROENCEFALOGRAMA – EEG

O Eletroencefalograma – EEG é um exame de diagnóstico do tipo neurofisiológico utilizado desde 1929, que através da análise da atividade elétrica espontânea avalia a função do cérebro. Constitui uma tecnologia utilizada para detetar irregularidade na atividade cerebral, o exame é indicado com grande aplicabilidade em neurologia e psiquiatria para auxiliar no diagnóstico de distúrbios variados, no diagnóstico de epilepsias, demências (como a Doença de Alzheimer), encefalopatias diversas, infecções do SNC, sendo mais comumente utilizado para evidenciar risco de crises convulsivas e localização e tipo de atividade cerebral anormal (Foldvary-Schaefer & Wyllie, 2007).

Salienta-se a importância do EEG na investigação de patologias neurológicas no período neonatal que tem sido discutido amplamente na atualidade, atendendo a que muitas vezes este é o único meio de avaliar a função cerebral em recém-nascidos com patologias graves ou sob efeito de medicações.

Nesta tese utiliza-se o EEG como um instrumento de avaliação do efeito da prótese auditiva, utilizando a sua capacidade de evidenciar alterações na atividade elétrica quando um indivíduo é submetido a um estímulo sensorial (neste caso, sonoro). Nos próximos pontos procurou-se descrever resumidamente o seu conceito, como surge, como evoluiu, qual o seu uso e o que se anda a estudar com o mesmo.

Luigi Galvani em 1784 descobriu que o tecido nervoso é eletricamente excitável. A partir de então diversos cientistas desenvolveram estudos com o objetivo de explicar a geração de impulsos elétricos em nervos, músculos e no cérebro. O registo da atividade elétrica começou por ser efetuado em animais através de galvanómetro e só em 1929 o neurologista e psiquiatra alemão Hans Berger registou em papel as correntes elétricas geradas no cérebro humano, sem a necessidade de abrir o crânio, tendo denominado este registo de Eletroencefalograma (**EEG**). Os estudos na década de trinta do século XX de Frederic e Ema, e de Gibbs e Lennox tiveram também importância no desenvolvimento desta área. As técnicas de obtenção do EEG evoluíram desde o registo em papel de sinais de poucos canais, até ao registo digital que permite a observação da imagem em vídeo.

A eletroencefalografia começou a fazer parte da prática clínica após Adrian e Mathews terem demonstrado a veracidade dos trabalhos e registos de Berger.

Precisando melhor o conceito, pode dizer-se que o EEG é o registo da variação da atividade elétrica do cérebro originada pela condução do impulso nervoso, traduzido por ondas rítmicas provocadas por uma alteração de potencial elétrico que ocorre essencialmente no córtex cerebral do encéfalo dos

vertebrados. A amplitude e frequência das ondas são proporcionais aos potenciais gerados no cérebro, pela propagação do impulso nervoso, variando consoante os estados cerebrais. O EEG não é o registo de correntes elétricas isoladas, mas sim das diferenças de potencial elétrico ou de voltagem entre diferentes partes do córtex cerebral. Este exame apresenta uma melhor resolução temporal (milissegundos) e pior resolução espacial face à ressonância magnética funcional.

O eletroencefalógrafo é um equipamento de grande sensibilidade, que amplifica a diferença de potencial recebida numa ordem de grandeza superior a 10^8 , que regista a diferença de potencial resultante da atividade neuronal, que é da ordem dos milivolts (mV) e reflete o resultado da transmissão de impulsos excitatórios e inibitórios ao longo dos neurónios e das sinapses.

Berger identificou dois tipos de ondas no EEG: uma com uma frequência de cerca de 10 ciclos por segundo (c/s), que era relativamente regular e larga e que aparecia em indivíduos descontraídos e de olhos fechados, a que chamou Alfa, e outra com uma frequência de 20 a 30 c/s, mais irregular do que a primeira e que aparecia em indivíduos acordados com os olhos abertos, a que chamou Beta (Berger, 1929).

Em 1937 Walter viria a identificar a onda Delta com a frequência de 0,5 a 4 c/s, e em 1953 a onda Teta com a frequência de 3 a 7 c/s. Estas são as quatro ondas do EEG mais conhecidas e sobre as quais mais se tem investigado. Atualmente o EEG caracteriza-se por **oito ondas**:

- 1 - **Delta** – Apresenta uma frequência entre 0,5 e 4 c/s e uma amplitude entre 20 e 200 mV. É visível durante o sono profundo. Quando se encontra no EEG de adultos acordados é indicativo de alguma anomalia cerebral;
- 2 - **Teta** – Apresenta uma frequência entre 5 e 7 c/s e uma amplitude entre 20 e 100 mV. É característica nos EEGs pediátricos da primeira infância e encontra-se também em algumas pessoas que fazem meditação;
- 3 - **Alfa** – Pode ser dividida em Alfa Baixa de 8 a 10 c/s e Alfa Alta, de 11 a 13 c/s. Ambas com uma amplitude de 20 a 60 mV. Pode aparecer em qualquer pessoa com os olhos fechados e relaxada;
- 4 - **Beta** – É irregular com uma frequência de 14 a 30 c/s e com uma amplitude entre 2 e 20mV. Em alguns casos subdivide-se em três níveis: Beta: 12-16 Hz, Beta 1: 16-20 Hz e Beta 2: 20-30 Hz. É predominante no EEG durante atividades físicas ou mentais;
- 5 - **Gama** – Apresenta uma frequência alta entre 36 e 44 c/s. Pode encontrar-se no EEG quando os indivíduos estão em estados de alta concentração. É necessário cuidado com a identificação desta onda porque pode confundir-se com atividade muscular dos músculos do crânio;
- 6 - **Capa** – Apresenta uma frequência de 10 c/s e pode encontrar-se em alguns indivíduos quando estes estão a pensar;

7 - **Lambda** – Aparece na zona do córtex visual e parece ser uma resposta visual a estímulos visuais e em movimento. É do tipo triangular com uma amplitude entre 20 e 50 mV e com uma duração entre 150 e 250 ms após o estímulo visual;

8 - **Mi** – A sua frequência está entre 9 e 11 c/s, apresenta picos agudos e as partes negativas são arredondadas. Existe em 7% da população e aparece principalmente sobre o sulco central do Rolando;

Durante o sono podem encontrar-se ainda duas outras ondas mais:

- **Ondas Fusiformes de Sono** – Apresentam uma frequência entre 12 e 14 c/s e uma amplitude de cerca de 5 a 100 mV;
- **Complexos K** – Apresentam uma amplitude de 75 mV e são o resultado de atividades cerebrais durante o sono em resposta a estímulos fortes como o ruído.

A interpretação do EEG é efetuada tendo como base a frequência, a amplitude e a morfologia da onda gravada. A morfologia é baseada na amplitude e na frequência de cada onda do EEG (Alvoeiro, J., s.d.).

O EEG tem diversos usos em medicina, como meio auxiliar de diagnóstico neurológico e psiquiátrico, sendo o método mais específico para o diagnóstico de epilepsias. A comparação do traçado de um indivíduo com o padrão normal permite a deteção de diversas anomalias do funcionamento e da estrutura cerebral. É igualmente utilizado como método de investigação em neurofisiologia, permitindo definir que áreas cerebrais surgem associadas a que tipo de estímulos ou de respostas, tendo esta técnica sido fundamental, para o desenvolvimento do conhecimento do cérebro e do seu funcionamento. Entre as várias razões pelas quais o EEG é frequentemente usado em investigação, destaca-se o facto de não ser invasivo, não apresentar quaisquer contra indicações ou riscos, não requerer muita tecnologia, ser económico e fácil de utilizar e permitir a sua realização a partir do nascimento.

2.10.1 O que se Anda a Estudar com o EEG?

Entre os diversos estudos da atualidade que utilizam o EEG contam-se o desvendar dos mistérios do **Desenvolvimento e da Aprendizagem**, o **Reconhecimento de Emoções** (*affective computing*), o **Neurofeedback** (NF, bases para a interface *brain-computer*), a **Aprendizagem Motora** e o **Neuro marketing**.

O cérebro responde a eventos específicos, sensoriais, cognitivos ou motores, essa resposta eletrofisiológica a um estímulo é medida através de um *event-related potencial* (**ERP**).

Nos estudos sobre o **Desenvolvimento e Aprendizagem** os investigadores pretendem identificar áreas do cérebro que combinam com diversos processos de pensamento ou comportamento, por exemplo: ouvir palavras, ler, ver fotos. Observar as diferenças na atividade cerebral originadas por deficiência, por exemplo: existem diferenças na atividade cerebral quando crianças com distúrbios de linguagem ouvem palavras ou quando crianças com autismo vêem rostos? Que métodos terapêuticos são eficazes, por exemplo: programa de treino de idiomas ou de leitura, bem como prever quais as crianças mais suscetíveis de beneficiar de um tratamento específico.

No Vanderbilt Kennedy Center, investigadores estão a desenvolver diversos projetos com crianças entre os quais: a **avaliação da atividade cerebral através do EEG em crianças com distúrbio específico de linguagem** (dificuldade em processar vários sons da fala e gramática) em comparação com um grupo de controlo de crianças com desenvolvimento normal, enquanto ouvem vários sons de discurso. As respostas a tratamentos de linguagem são igualmente avaliadas através de medidas comportamentais. O conhecimento das diferenças entre os grupos e a causa da variação do processamento deverão ser um contributo para o desenvolvimento de esforços para intervenções futuras na aprendizagem da criança.

No mesmo Centro, também através do EEG **estudam-se as ondas cerebrais de crianças com autismo**. Os investigadores pretendem observar as suas habilidades sociais, mais especificamente a *Initiated Joint Attention (IJA)*, que é o uso de comportamentos comunicativos para partilhar interesses com outra pessoa. Pretendem reproduzir a mesma conclusão entre a frequência alfa e a IJA em crianças com autismo.

Outro estudo interessante do Vanderbilt Kennedy Center relaciona-se com a Síndrome de Prader-Willi (doença genética causada por uma mutação do cromossoma 15 que pode levar a uma variedade de problemas comportamentais e neurológicos, incluindo dificuldades de aprendizagem ou deficiência mental, hipotonia, baixa estatura, e um desejo involuntário de comer em demasia). Os investigadores examinam as respostas cerebrais através do EEG a um estímulo (comida). O objetivo é perceber dentro desta população, como o cérebro responde ao mesmo estímulo e se diferentes áreas do cérebro respondem a estímulos comparando com uma população que não padece da Síndrome de Prader-Willi.

Ainda no mesmo Centro os investigadores utilizam o EEG para o **estudo rápido do mapeamento cerebral** através da informação da atividade cerebral de crianças de quatro anos com desenvolvimento normal, antes e depois de identificada com sucesso uma palavra sem sentido com o objeto referente igualmente irreconhecível, para perceberem como aprendemos a associar palavras e objetos. Tendo obtido resultados que fornecem evidências sugestivas de mudanças na atividade cerebral, detetadas no EEG, e potenciais relacionados a eventos, nos lobos temporal e parietal direitos ocorrendo potencialmente como resultado de aprendizagem de palavras.

Nos estudos sobre o **reconhecimento de emoções** os investigadores pretendem observar a atividade elétrica cerebral que ocorre quando o sujeito está num determinado estado emocional,

permitindo classificar as emoções baseadas nos sinais dos elétrodos. As duas dimensões que caracterizam as experiências afetivas no campo das emoções são: *arousal* - calmo/excitado; *valence* - muito positivo/altamente negativo.

Segundo Danny Oude Bos (2007) "tornar o computador mais empático ao utilizador é um dos aspetos do *affective computing*. Com o *eeg-based emotion recognition*, o computador pode efetivamente dar uma olhadela dentro do cérebro dos utilizadores e observar os seus estados mentais".

Visualizar o cérebro e as suas reações a diferentes estímulos ou tarefas, e diagnosticar anomalias dentro do cérebro é uma das diversas utilizações do EEG. Outra das utilizações é o *neurofeedback* (NF) que utiliza o EEG como um espelho para a auto reflexão e consequentemente para a auto potencialização. O NF periférico trabalha com áreas sintomáticas de um distúrbio permitindo ao sujeito treinar-se para aliviar os sintomas. Usa o EEG como fonte de informação que permite visualizar não o sintoma mas a causa base de um problema e modificá-la, como exemplo: um estudo de caso de Thomas e Sattlberger (1997) mostrou os efeitos do treino de *biofeedback* na diminuição da atividade alfa eletroencefalográfica num paciente com diagnóstico de distúrbios de ansiedade.

Os investigadores usaram medidas objetivas da eficácia do tratamento – *Three Minnesota Multiphasic Personality Inventories* – Após 15 sessões de inibição lenta da onda/aumento rápido da onda no treino de feedback com o EEG, o paciente relatou uma redução significativa nos sintomas relacionados com a ansiedade.

Um outro estudo de Crocetti efetuado em quinze pacientes com audição normal e *tinnitus* (zumbidos) que foram tratados com um protocolo específico de *neurofeedback*, e onde a escala de avaliação *Tinnitus Handicap Inventory and Visual Analogue Scales* foi administrada antes e 1, 3 e 6 meses após o tratamento. Revelou que após a terapia, todos os questionários apresentaram pontuações significativamente melhores e que as melhoras persistiram durante todo o período de acompanhamento (Crocetti, Forti & Del Bo, 2011).

O EEG é também aplicado na investigação sobre a **aprendizagem motora**. Os estudos principais nesta área mostram que a mesma provoca uma mudança na atividade cortical nas áreas do cérebro pré motora e motora, isto é: um aumento da atividade alfa (lenta e rítmica entre 8-12 Hz) nessas áreas que indicam que o gesto foi automatizado. A aprendizagem está relacionada com um esforço menor e maior eficiência neural, essencialmente na área pré motora responsável pelo planeamento motor. Este método permite a investigação direta dos processos cognitivos essenciais implicados na habilidade motora e na sua aprendizagem, podendo ser uma alternativa excelente de pesquisa.

A comparação da atividade cerebral durante a visualização de anúncios, bem como a comparação de diferenças neuronais durante a visualização de anúncios avaliados como agradáveis e desagradáveis é também importante na aplicação de técnicas da **neurociência aplicadas ao neuro marketing** com a utilização do EEG. A análise das frequências contidas num sinal eletroencefalográfico permite conhecer os diferentes fatores que podem estar a influenciar a atratividade de um determinado anúncio, por ex. o seu potencial de provocar emoções, de provocar atenção e de ser memorizado.

2.10.2 Maturação Cerebral – Maturação do EEG

As influências com base genética, não existindo consenso quanto ao gênero e às diferenças socioculturais fazem com que a atividade de base do EEG vá sofrendo alterações com a idade, particularmente nos bebês, também na idade pré-escolar e até ao final da adolescência. A tendência da maturação acontece das regiões posteriores para as anteriores; a frequência posterior é cerca dos 8 Hz aos 8 anos de idade; as áreas posteriores podem apresentar a onda delta da juventude, mais intensa aos 5 anos, ocorrendo até à adolescência. A sonolência pode promover o paroxismo hipnagógico, máximo aos 5 anos de idade; sendo o ritmo sigma assíncrono no primeiro ano (Gomes & Bello, 2004).

A tabela 2.6 mostra a maturação do EEG em lactentes e crianças entre os 2 meses e os 10 anos de idade.

Tabela 2.6 - Maturação do EEG em Lactentes e Crianças.

Idade	Maturação do EEG em Lactentes e Crianças							
	Duplo gradiente de frequência e amplitude	Fusos do sono	Ondas agudas do vértex	Hipersincronia hipnagógica	Complexo K	POSTS	Ritmo posterior de vigília	Arrastamento fótico
2 meses	Surge	14 Hz, 2 a 10 seg, Centro-parietais Assíncronos	Esboço	Ausente	Esboço	Ausente	3 a 4 Hz (70 a 150 uV)	Surge
5 meses	Presente	12 Hz, 1 a 3 seg, Fronto-centro temporais. Assíncronos	Surge	Ausente	Surge	Ausente		Presente
6 meses	Presente		Presente	Surge	Presente	Ausente		Presente
1 ano	Bem definido	12 Hz, Frontais. Assíncronos	Presente	Evidente 4 a 6 Hz	Presente	Ausente	5 a 6 Hz	Presente
2 anos	Presente	Síncronos	Presente	Presente	Presente	Ausente		Presente
3 anos	Presente		Presente	Presente	Presente	Ausente	6 a 8 Hz	Presente
5 anos	Presente		Presente	Presente	Presente	Surge	7 a 9 Hz (70 a 100 uV)	Presente
6 anos	Presente		Presente	Desaparece	Presente	Presente		Presente
7 anos	Desaparece		Presente	Ausente	Presente	Presente	9 a 10 Hz	Presente
10 anos	Ausente	10 Hz, frontais. Síncronos	Presente	Ausente	Presente	Presente	10 Hz (50 a 100 uV)	Presente

Fonte: Caboclo (2013).

2.10.3 Áreas de Brodmann

Em 1909 o anatomista alemão Korbinian Brodmann baseado na observação da organização citoarquitetural de neurónios no córtex cerebral, e considerando que estruturas diferentes serviam funções diferentes, foi o primeiro a definir e a numerar as diversas áreas cerebrais (Áreas de Brodmann que a figura 2.21 mostra). Este tema foi alvo de discussão, debate e renomeação por quase todo o século.

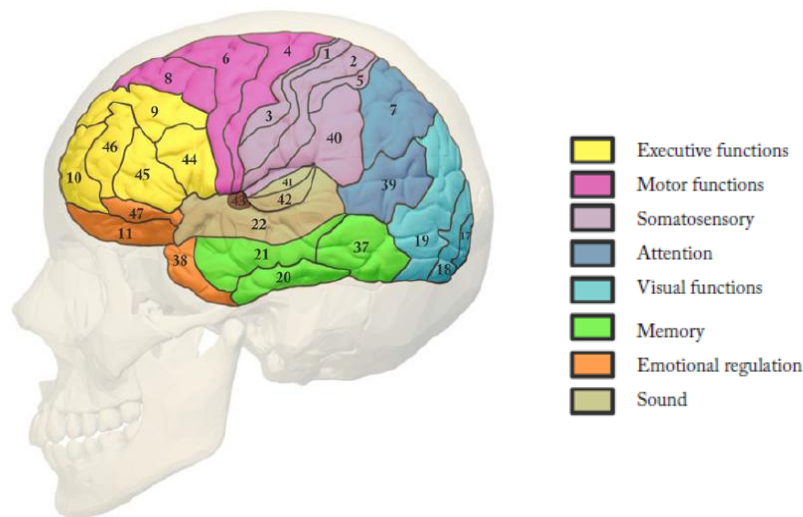


Figura 2.21 - Áreas de Brodmann.
Fonte: Trans Cranial Technologies (2012).

A tabela 2.7 mostra as designações das áreas corticais de Brodmann associadas a um número que diz respeito à sua localização

Tabela 2.7 - Áreas corticais de Brodmann e número correspondente à sua localização.

Lobo Frontal	Lobo Temporal	Lobo Occipital	Lobo Parietal	Outras designações para as áreas corticais de Brodmann
4 – Gigantopiramidal	20 – Temporal inferior	17 – Estriado	1 – Pós central intermédio	1-3 – Córtex Somatossensorial Primário
6 – Agranular frontal	21 – Temporal médio	18 – Paraestriado	2 – Pós central rostral	4 – Córtex Motor Primário
8 – Intermediário frontal	22 – Temporal superior	19 – Periestriado	3 – Pós central caudal	17 – Córtex Visual Primário
9 – Granular frontal	37 – Occipitotemporal		7 – Parietal superior	41 – Córtex Auditivo Primário

Tabela 2.7 - Continuação.

Lobo Frontal	Lobo Temporal	Lobo Occipital	Lobo Parietal	Outras designações para as áreas corticais de Brodmann
10 – Pré frontal anterior	38 – Polo temporal		40 – Giro supra marginal	22 – Área de Wernicke
11 – Pré frontal	39 – Giro angular			44-45 – Área de Broca no hemisfério esquerdo
44 – Opercular	41 – Transversal temporal anterior			
45 – Triangular	42 - Transversal temporal posterior			
46 – Frontal médio				
47 – Orbital				

Fonte: Trans Cranial Technologies (2012).

Cada área de Brodmann é responsável por mais de uma função, bem como diversas áreas são usadas em cada atividade, e também um lado tem frequentemente prevalência sobre o outro lado. A tabela 2.8 mostra as funções correspondentes às diversas áreas.

Tabela 2.8 - Áreas de Brodmann e funções correspondentes.

Áreas de Brodmann	Funções
Motora 4, 1, 2, 3 6, 8 6, 13-16, 24, 32-33, 40 5, 7, 4, 6, 8, 24, 32-33 4, 1-3, 6, 8, 23, 26, 29-31 4, 5, 7, 6, 8, 17, 18, 19, 46 4	Motor primário Motor secundário Planeamento motor Motor de imagens Aprendizagem motora Movimentos sacádicos Inibição de piscar
Sensorial 1-3, 4, 8 1-3, 4, 5, 7, 13-16 40	Propriocepção Toque, temperatura, vibração Integração somatosensorial

Tabela 2.8 – Continuação.

Áreas de Brodmann	Funções
Auditiva 41, 42 21, 22 8, 9, 10 38	Processamento básico Processamento de sons complexos Imagens auditivas Vozes familiares
Visual 17, 18, 19 17 20 37	Intensidade da luz / padrões Discriminação da cor Integração visual Processamento do movimento visual
Olfativa 11 9, 10, 24, 32-33, 44, 45, 47	Olfato geral Odores familiares
Linguagem 22, 20, 21, 37, 39, 40, 5. 7, 6, 9, 10, 23, 26, 29-31, 38, 43, 44, 45, 47 44, 45, 46, 6, 8, 9, 10, 13-16, 21, 24, 32-33, 47 22 6, 39 40	Compreensão Expressão Compreensão da prosódia Leitura Escrita
Memória 5, 7, 6, 8, 9, 10, 20, 24, 32-33, 40, 41, 44, 45, 46, 47, (27-28, 34-36, 48) 6, 44, 45, 47 8, 9, 10, 26, 29, 29-31, 24, 32-33, 38, 40 (27-28, 34-36, 48), 9, 10, 24, 32-33, 37, 46 23, 26, 29-31	Memória de trabalho Memória episódica Recuperação Codificação Topokinetic
Atenção 17, 18, 37 5, 7, 6, 8 6, 8, 39, 24, 32, 33, 45 6, 9, 10, 24, 32-33 20, 22, 23, 26, 29-31, 38, 47	Visual Viso motora Viso espacial Seletiva para sons Para o discurso
Dor 13-16, 24, 32-33, 5, 7	Processamento da dor
Executiva 6, 8, 9, 10 6, 8, 9, 10, 13-16, 24, 32-33, 39, 40, 44, 46, 47 24, 32-33, 44, 45, 47	Planeamento Inibição comportamental Inibição motora

Tabela 2.8 – Continuação.

Áreas de Brodmann	Funções
Emoções 38, 46, (27-28, 34-36, 48) 23, 26, 29-31, 25 9, 10, 24, 32-33 13-16	Experimentação / processamento emocional Relacionado com a linguagem Estímulos emocionais Resposta ao medo
Outras 39, 40, 6, 8, 9, 10, 13-16, 46 38, 9, 10, 20, 21, 22, 37, 47 37 24, 32-33 38 40 44, 45, 46 (27-28, 34-36, 48)	Cálculo Teoria da mente Reconhecimento facial Tempo de manutenção mental Compreensão do humor Desempenho musical Fruição da música Discriminação da novidade

Fonte: Trans Cranial Technologies (2012).

2.10.4 Áreas 41 e 42 – Córtex Auditivo Primário e de Associação Auditiva

O Córtex Auditivo Primário localiza-se no lobo temporal, é a primeira região cortical da via auditiva e corresponde sensivelmente às áreas 41 e 42 de Brodmann no córtex cerebral. O som entra pelo ouvido externo, percorre os centros inferiores do cérebro e é no córtex auditivo primário que **é processado**, possibilitando a capacidade de ouvir, discriminando ações básicas da audição, como o tom e o volume, e transmitindo os sinais de volta para as estruturas anteriores.

Tal como na cóclea e na via auditiva, neurónios diferentes respondem melhor a determinadas frequências, o que significa igualmente que o córtex auditivo primário possui uma organização tonotópica.

Lesões que ocorram no Córtex Auditivo Primário levam a uma perda de consciência do som, permanecendo, contudo, a capacidade de reagir reflexamente aos sons. Lesões bilaterais dos giros de Heschl podem resultar em surdez central, apontando para o seu envolvimento no processamento básico dos estímulos auditivos, no processamento dos padrões acústicos descontinuados, na deteção rápida do som e em processos auditivos semelhantes. Também se compreende a sua ativação durante o reconhecimento visual de palavras e a memória auditiva de curto prazo, sendo mais difícil compreender a sua ativação quando se faz a leitura do discurso através das faces (gestos articulatórios).

Ao córtex auditivo primário associam-se outras funções como a Linguagem, a Memória e a Percepção Visual da Fala.

2.10.5 Colocação dos Eléttodos

Para que se possa medir a atividade cerebral é preciso colocar uma série de elétródos em determinados sítios da cabeça de forma, a que obedeça a um esquema sugerido por Herbert Jasper em 1958 e aceite no mundo inteiro que é o Sistema Internacional de Montagem 10-20. Este sistema relaciona a localização de um eléttodo com a área de base do córtex cerebral. O “10%” e o “20%” referem-se às distâncias entre os elétródos subjacentes serem “10%” ou “20%” da parte da frente, da parte de trás ou para a direita-esquerda da distância total do crânio.

Para o posicionamento dos elétródos utilizam-se duas estruturas anatómicas, o násio, que é a área marcadamente deprimida entre os olhos, um pouco acima da ponte do nariz, e o ínio, que é o ponto mais baixo do crânio a partir da parte de trás da cabeça e que está normalmente indicado por uma colisão proeminente. As medidas no sentido ântero-posterior do escalpe baseiam-se na distância entre o násio e o ínio passando pelo vértex na linha média. Marcam-se cinco pontos ao longo desta linha, que se designam por frontal polar (**Fp**), frontal (**F**), central (**C**), parietal (**P**) e occipital (**O**). O primeiro ponto (**Fp**) está situado a 10% da distância entre o násio e o ínio, logo acima do násio. O segundo ponto (**F**) está situado a 20% da mesma distância e marca-se acima do **Fp** e assim sucessivamente para os pontos central, parietal e occipital da linha média.

As medidas laterais baseiam-se no plano coronal central. Mede-se a distância entre os pontos pré-auriculares (depressão na raiz do zigoma anteriormente ao trago), passando pelo ponto central já determinado com a medida, ântero-posterior. A 10% desta medida, acima do ponto pré-auricular, encontra-se o ponto temporal e a 20% acima deste marca-se o ponto central.

De seguida determina-se a linha, ântero-posterior sobre as regiões frontal, temporal e occipital medindo-se a distância entre o ponto da linha média **Fp** e o ponto occipital também da linha média, passando-se pelo ponto temporal anteriormente marcado. A partir da posição **Fp** marca-se 10% desta medida, bem como a partir do ponto occipital da linha média. Assim encontram-se os pontos **Fp** e **O**. Os pontos, temporal anterior e posterior encontram-se na posição a 20% da distância a partir dos pontos **Fp** e **O** determinados nessa linha.

Os pontos que restam frontal (**F3** e **F4**) e parietal (**P3** e **P4**) posicionam-se ao longo da linha coronal frontal e parietal, equidistantes, relativamente entre as linhas média e temporal.

Os números pares referem-se aos elétródos do lado direito e os números ímpares, aos do lado esquerdo para que haja diferenciação entre as posições homólogas. Os elétródos da linha média são seguidos da letra **z** (zero), isto é: **Fz**, **Cz**, **Pz** e **Oz**.

Estes elétrodos colocados segundo o Sistema Internacional de Montagem 10-20 permitem a cobertura da convexidade do crânio para obtenção dos registos de rotina, mas podem ser insuficientes para a localização exata de grafo elementos epileptiformes, havendo necessidade de elétrodos adicionais, utilizando-se o sistema de montagem 10-10 (Liberalesso, 2008).

A figura 2.22 mostra uma referência cruzada entre a posição dos elétrodos para a realização do EEG, usando os Sistemas Internacional de Montagem 10/10 e 10/20 (à esquerda) e a sua área de Brodmann correspondente mais próxima (à direita), e a figura 2.23 mostra a posição dos elétrodos com montagem segundo o Sistema Internacional 10-20 e as funções das áreas cerebrais correspondentes.

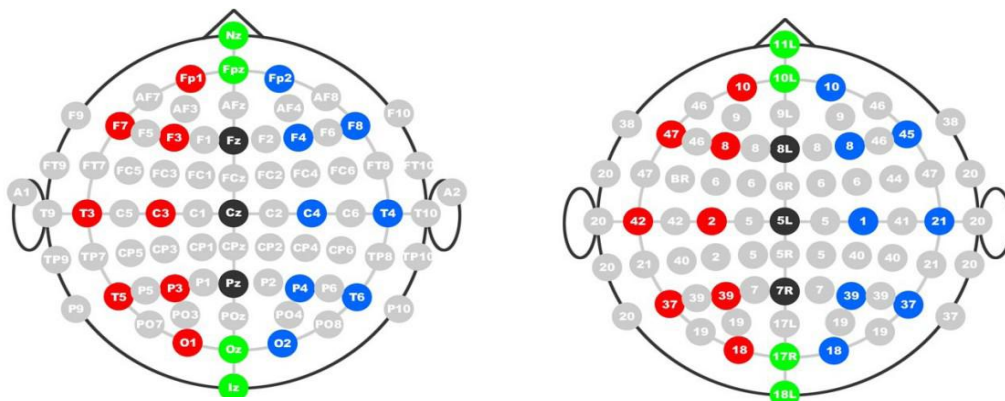


Figura 2.22 - Posição dos elétrodos e áreas de Brodmann correspondentes.

Fonte: Elaboração própria, adaptado a partir de imagens similares obtidas na Web (2014).

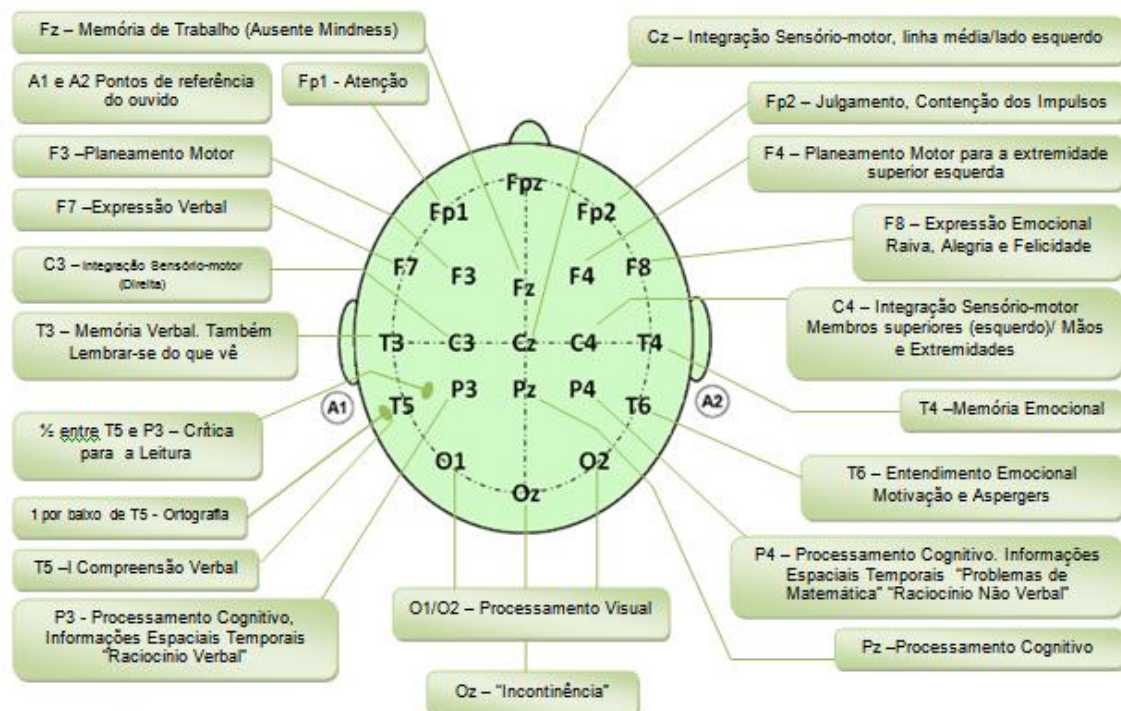


Figura 2.23 - Posição dos elétrodos e funções das áreas cerebrais correspondentes.

Fonte: Soft-Dynamics (2014).

Os fabricantes dos aparelhos de EEG para uso clínico utilizam para a análise espectral do sinal do EEG a Fast Fourier Transform (**FFT**). De acordo com a física para a qual todo o sinal oscilatório complexo pode ser reproduzido através da sobreposição de ondas sinusoidais harmónicas da frequência fundamental do sinal a estudar, com amplitudes e fases definidas. A FFT é um algoritmo matemático que faz o contrário, isto é: decompõe um sinal oscilatório complexo nas sinusoides capazes de reconstitui-lo.

O espectro obtido através da FFT é usualmente apresentado em amplitude absoluta ($\text{microvolts}^2/\text{Hz}$), em amplitude relativa ou em potência relativa. A frequência fundamental do espectro é obtida através da taxa de amostragem com que o sinal foi digitalizado e pela realização escolhida, onde a realização é o período de tempo, ou “janela”, de observação do sinal. Na eletroencefalografia clínica é usual usar-se harmónicas de até 99 vezes a frequência fundamental.

2.10.6 Evolução do Eletroencefalograma

O registo da atividade elétrica cerebral do **EEG** até há uns anos atrás era feito exclusivamente em papel, sendo a análise efetuada visualmente. Nos últimos anos o registo digital (**EEGD**) tem substituído o anterior. O EEGD representa a aquisição da atividade elétrica sem o registo em papel. É efetuado através de um instrumento computadorizado, com armazenamento em formato digital através de meios eletrónicos e apresentando-se em monitor de vídeo. Os parâmetros de execução e de registo são os mesmos do EEG convencional e a sua análise continua a ser efetuada da forma visual clássica.

Atualmente é possível efetuar o **mapeamento do EEG** que representa o processamento matemático do EEGD de forma a salientar determinados componentes específicos da onda; transformar o EEG num formato que permita clarificar informações importantes e associar resultados numéricos com os dados do EEG para subsequente revisão ou comparação (Bertolaccini, s.d.).

2.10.7 Eletroencefalograma Quantitativo e Topográfico – EEGQT – Mapeamento Cerebral

Tal como nas diversas áreas da medicina, a eletroencefalografia beneficiou da informática, passando a dispor do EEG digital e mapeamento cerebral, também designado por EEG quantitativo e topográfico (**EEGQT**), que utilizando recursos da informática e do EEG permite a quantificação dos dados. Tem diferentes aplicações da tomografia axial computadorizada (TAC) e da ressonância magnética (RM) por ser um exame funcional e não de imagem morfológica. A análise quantitativa, topográfica e estatística assenta no traçado do EEG, sendo uma evolução tecnológica e não substituindo a primeira. Para as respetivas análises é preciso considerar o “domínio do tempo” em que se analisa um evento que

ocorre em determinado instante do tempo, e onde o sinal é representado por um grafo elemento ou uma frequência *versus* a amplitude ou a potência do sinal, e o “domínio da frequência” onde o procedimento matemático através da FFT decompõe as atividades do EEG, quantificando os sub ritmos que as contêm. Os resultados da quantificação do sinal do EEG podem ser apresentados através de histogramas, gráficos de barras, tabelas e de forma cartográfica, entre outros, onde o mapa de topografia é a forma visivelmente mais fácil de mostrar os potenciais captados. Ainda na quantificação dos sinais do EEG para sabermos se o seu traçado está dentro dos limites do padrão de “normalidade” utiliza-se a análise estatística (Anghinah, Kanda, Jorge & Melo, 1998).

Os mapeamentos cerebrais coloridos, obtém-se através de *softwares* específicos e cálculos matemáticos complexos, onde as diferentes tonalidades avaliam a quantidade da atividade elétrica em determinada área, onde as cores roxa e preta são indicadores de baixa amplitude de ondas, e o vermelho e o amarelo são indicadores de maiores amplitudes, permitindo uma visão gráfica com exatidão da localização de alterações elétricas.

As indicações principais do EEGQT são na neurologia: a determinação precisa da localização de tumores e de afeções focais do cérebro, como a epilepsia, alterações vasculares e derrame, e a monitorização da abstinência de drogas, de infecções cerebrais nos estados de coma, de narcolepsia e no acompanhamento pós-operatório de indivíduos intervencionados ao cérebro. Utiliza-se também em psiquiatria para diagnóstico de hiperatividade e déficit de atenção em crianças, das demências senis ou não, da atrofia cerebral, da esquizofrenia e em alguns casos de depressão.

PARTE III

ESTUDO DE CASO

3.1 O PROBLEMA

Dos cinco sentidos o da audição é o que mais coloca o indivíduo dentro do mundo. Facilitador da comunicação, quando sofre perturbações pode causar uma incapacidade que Tye-Murrey (1998) caracteriza de invisível. Pela sua falta de visibilidade a atenção que a sociedade lhe presta não é a mesma que presta a outras deficiências. Habitualmente a importância da falta de audição só é percebida quando começa a faltar a nós próprios. A pessoa com deficiência auditiva tende a isolar-se dos outros suportando as consequências que tal acarreta.

Quando se trata de crianças com surdez congénita, a re(h)abilitação tem que ser realmente eficaz uma vez que este é um órgão sensorial diretamente envolvido na aprendizagem e no desenvolvimento cognitivo, comportamental e inter-relacional, sendo importante avaliar a percepção auditiva (se ouve, o que ouve, como ouve). Esta avaliação é feita em laboratório com recurso a testes que dependem da idade e do nível de desenvolvimento da criança a ser avaliada (como os Testes Comportamentais, Audiometria Lúdica Condicionada, Audiometria de Reforço Visual (VRA), e Audiometria de Campo Livre, entre outros) exigindo grande treino do examinador e mostrando apenas se ouve, obtendo-se por vezes somente a resposta do melhor ouvido. Hoje já se podem usar meios de observação do mapeamento cerebral capazes de perceber as variações do cérebro ao estímulo auditivo; no entanto, no caso dos indivíduos adaptados proteticamente, estes meios estão limitados por interferirem com as próprias próteses, pelo custo dos exames, pela acessibilidade aos equipamentos e pela complexidade do procedimento técnico.

Considerando que a re(h)abilitação deve iniciar-se o mais cedo possível, é importante ter instrumentos que permitam perceber não só, realmente se ouve, o que se ouve, mas também como se ouve, contribuindo para o ajustamento preciso dos equipamentos a cada caso.

A Avaliação de Tecnologia da Saúde permite, através da análise das implicações, das limitações e das potencialidades que as tecnologias utilizadas podem apresentar, levar ao aconselhamento da utilização das mesmas como rotina na prática clínica da reabilitação protética ou à apresentação de alternativas.

Assim, partindo de um problema concreto – a surdez infantil e a necessidade de avaliar o efeito da utilização das próteses auditivas – foi desenvolvido o presente estudo.

O acréscimo de valor em benefício da experiência profissional resultante da atividade profissional desenvolvida no âmbito da Audiologia e da Reabilitação ao longo dos últimos trinta anos constituíram, igualmente, fatores de relevo na definição do objeto da investigação.

O contexto do programa doutoral permitiu dar um passo inovador na abordagem da surdez infantil, ao utilizar a Avaliação de Tecnologia em todas as variantes desta tese. Assim, ao pensar-se no

problema inicial – Se ouve, o que ouve, como ouve – aplicado à criança que nasce surda, é possível mostrar que a AT é útil:

- Quando se faz a revisão sobre a audição, o sistema auditivo e a sua importância no desenvolvimento da criança corroborando a importância da identificação do déficit auditivo e da intervenção precoce;
- Na identificação das ajudas técnicas disponíveis, como podem evoluir e permitir conhecer as limitações tecnológicas existentes e as possíveis opções atuais, contribuindo para uma decisão adequada a cada caso;
- Na definição de um instrumento tecnológico que permita observar a variação da atividade cerebral e correlacioná-la com o efeito das próteses auditivas, de forma a otimizar a *performance* destas ajudas técnicas;
- No enquadramento das necessidades de resposta à criança com surdez congénita, percebendo as estratégias de saúde e a importância de existirem opções na tomada de decisão, quer em sentido lato (sociedade e sistemas de saúde), quer para os cuidadores (na procura da melhor ajuda técnica), quer para a criança (contribuindo para uma re(h)abilitação personalizada, mais ajustada);
- Na procura da definição de instrumentos e/ou procedimentos de avaliação do efeito das próteses auditivas, onde também se teve em conta o possível interesse da investigação para profissionais que atuam a montante e a jusante dos problemas decorrentes da deficiência auditiva, nomeadamente Audiologistas, Terapeutas da fala, Médicos Otorrinolaringologistas, Professores do Ensino Especial e Fabricantes de próteses, entre outros;
- Na Identificação de atores que podem intervir no processo, por ex. ao nível da decisão política e das estratégias de saúde.

3.2 OBJETO E OBJETIVO DO ESTUDO

Este projeto tem como **Objeto** do estudo a avaliação do efeito das próteses auditivas nas crianças com surdez congénita, definindo-se os seguintes objetivos de investigação:

Objetivos Principais:

- 1 - Avaliar o efeito das próteses auditivas utilizando um instrumento acessível, não invasivo;

- 2 - Sugerir a utilização do Eletroencefalograma (EEG) como instrumento de avaliação do efeito das próteses auditivas.

Objetivos Secundários:

- 1 - Utilizar a metodologia de ATS na compreensão da utilização do EEG no mapeamento cerebral quando o indivíduo é submetido a um estímulo sonoro;
- 2 - Verificar, em crianças com surdez congénita, o potencial de utilização do EEG na avaliação do efeito das próteses auditivas;
- 3 - Contribuir para a criação de um algoritmo de avaliação do efeito das próteses auditivas com capacidade para apoiar o clínico na seleção e na adaptação destes equipamentos;
- 4 - Desenhar um protocolo capaz de validar o EEG na avaliação do efeito das próteses auditivas.

3.3 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Ao pretender encontrar uma forma de avaliar o desempenho das próteses auditivas – se permitem ouvir, o que permitem ouvir e como permitem ouvir – optou-se pela utilização da tecnologia do EEG como instrumento de avaliação de tecnologia.

A validação do EEG neste contexto, tem igualmente o potencial de ser associado à reabilitação auditiva como rotina, contribuindo para a otimização da funcionalidade das próteses auditivas desde o primeiro momento da adaptação.

A metodologia de trabalho de ATS considera um conjunto de recursos importantes, destacando-se a revisão sistemática da literatura e a articulação de conhecimentos provenientes de diferentes fontes. Nesse sentido torna-se possível efetuar um levantamento dos estudos efetuados ao longo dos últimos anos acerca das próteses auditivas e do cérebro. De igual modo é possível acompanhar os avanços tecnológicos neste tipo de equipamentos, bem como o seu impacto na saúde. Torna-se assim pertinente encontrar instrumentos que permitam avaliar o efeito das próteses auditivas e o seu impacto na saúde do indivíduo. Mais uma vez, a utilização da ATS apoia a escolha desses instrumentos. É ainda a utilização da ATS que permite a escolha de instrumentos úteis para a tomada de decisão, neste caso o uso do EEG para avaliar o efeito das próteses auditivas, e o potencial de utilização dos resultados na generalização da avaliação do seu efeito em diferentes contextos populacionais. Assim, a contribuição para um melhor conhecimento desta problemática e melhores resultados na re(h)abilitação protética, bem como a melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência auditiva, constituem aspetos não negligenciáveis desta investigação.

Dado também o seu carácter exploratório pela escassez de trabalhos neste âmbito em particular em português, ao lançar pistas e levantar questões este poderá auxiliar estudos futuros.

3.4 TIPO DE ESTUDO

A par da metodologia de ATS para a tomada de decisão realiza-se, neste projeto um estudo de caso onde se avaliaram os sinais dos EEGs num número limitado de indivíduos (que constituíram a amostra do estudo).

Assim, entra-se diretamente no “Trabalho de Campo” que permitirá descrever, por um lado, os diferentes itens de um estudo de investigação (metodologia, dados, análise e tratamento dos resultados, discussão e conclusão), e por outro, interpretar e concluir sobre o tema da tese, à luz da Avaliação de Tecnologia.

Considerando a problemática foram estudadas crianças com deficiência auditiva, adaptadas proteticamente.

Os dados foram colhidos em duas situações complementares – com as próteses e sem as próteses auditivas. Cada indivíduo foi submetido ao mesmo estímulo sonoro por duas vezes consecutivas enquanto se efetuava um EEG.

Sendo o objetivo perceber se ouve, o que ouve e como ouve, bastaria apenas, teoricamente, utilizar um caso, onde a resposta cerebral a um estímulo sonoro seria interpretada quando as próteses auditivas estivessem ligadas ou desligadas. Não obstante e porque a resposta cerebral está condicionada a todos os estímulos que o indivíduo recebe naquele momento (visuais, emocionais e provenientes de outros órgãos sensoriais) procurou-se estudar mais que um indivíduo. Um outro fator que foi tido em conta na comparação da resposta cerebral foi a aprendizagem que o cérebro já pudesse ter sofrido, porque o processo auditivo é contínuo desde a gestação e no caso dos indivíduos com défice congénito da audição, essa aprendizagem está comprometida e pode surgir muito mais tarde, fechando “janelas de oportunidade” de intervenção precoce.

Para qualquer uma destas condicionantes a abordagem necessária é a mesma: comparar a resposta cerebral do indivíduo nas duas situações em estudo, não fazendo sentido uma abordagem epidemiológica que viria cheia de interferências subjetivas (ao nível biopsicossocial).

O estudo de caso é, assim, analítico de carácter exploratório e comparativo, onde se pretendeu avaliar se existem diferenças nos sinais extraídos dos EEGs efetuados às crianças selecionadas, nas situações consideradas, utilizando cada criança como elemento de comparação consigo própria, na expectativa de encontrar diferenças na resposta cerebral.

3.5 DEFINIÇÃO E SELECÇÃO DA AMOSTRA

Para este estudo selecionou-se por conveniência uma amostra de quatro indivíduos de uma população distinta, a dos indivíduos com hipoacusia neurossensorial congénita adaptados proteticamente, em que pelo menos num ouvido a perda auditiva não excedesse o grau de severa.

Na primeira fase da seleção, os dados obtidos a partir do processo clínico foram analisados individualmente para diagnóstico relativo ao tipo e grau de surdez, bem como do sucesso protético.

Na segunda fase da seleção verificou-se se os traçados do EEG revelavam alterações patológicas.

3.5.1 Critérios de Exclusão

Adotou-se como critério de exclusão, quando o indivíduo não era portador de hipoacusia neurossensorial congénita, e/ou quando o melhor ouvido apresentasse hipoacusia de grau superior a severo e/ou não apresentasse ganho funcional (ausência de diferença entre os limiares tonais com e sem a prótese auditiva).

Usou-se também como critério de exclusão alterações patológicas no EEG.

3.6 MATERIAIS E MÉTODO

3.6.1 Método

Cada indivíduo da amostra selecionada (crianças recrutadas na consulta de Otorrinolaringologia do hospital Garcia de Orta, EPE, utilizadoras de próteses auditivas considerando os critérios atrás definidos) foi submetido a um estímulo sonoro, com as próteses e sem as próteses auditivas. Utilizaram-se 22 elétrodos, 19 no couro cabeludo, 2 como referência auricular e um elétrodo de terra. Usou-se o Sistema Internacional de Montagem 10-20.

Os traçados dos EEGs foram comparados de forma a perceber quais as variações no mapeamento cerebral com as próteses (aparentemente a criança ouvia) e sem as próteses auditivas, dando ideia da sua funcionalidade.

A escolha do método EEG prendeu-se com o facto de este ser um teste não invasivo, de fácil adesão pelos cuidadores e pelas crianças, podendo ser aplicado sem qualquer efeito nocivo logo após o nascimento, de fácil execução e económico.

Este recurso é amplamente utilizado em ambiente hospitalar, embora com outros propósitos, estando disponível para o estudo proposto. O EEG é uma técnica cuja aplicação não interfere com a utilização

das próteses auditivas (é necessário desenvolver a investigação sobre a compatibilidade eletromagnética) permitindo efetuar um mapeamento cerebral.

3.6.2 Materiais e equipamentos

Para este estudo elaboraram-se e adaptaram-se materiais para o **Consentimento Informado**, e para o **Questionário** de caracterização da amostra.

O consentimento informado é um instrumento de garantia de boas práticas, que permite assegurar que todo este estudo se realiza de acordo com a Declaração de Helsínquia, ficando sempre salvaguardada a privacidade e a confidencialidade dos dados. O processo incluiu o pedido de autorização para a realização do estudo submetido ao Conselho de Administração do hospital Garcia de Orta, EPE, de acordo com as normas em vigor nesta instituição (ver anexo B e E).

O Questionário inclui quanto à criança perguntas relativamente ao sexo, data de nascimento, idade da adaptação protética, adaptação unilateral ou bilateral, se é boa ou má (opinião subjetiva dos cuidadores), se está em casa, na ama, na creche, no jardim infantil, ou noutra instituição, com que idade passou a frequentar os lugares atrás citados, quanto tempo aí passa diariamente. Quanto aos cuidadores as perguntas que nele constam são relativas à idade, à freguesia de residência, ao nível de escolaridade e à profissão. Incluiu-se ainda uma caixa para observações.

Para a realização do EEG, utilizou-se um aparelho de Eletroencefalografia marca MICROMED – Sistema de Registo de Vídeo EEG de 32 Canais.

O estímulo sonoro a que as crianças foram submetidas durante o EEG com e sem as próteses auditivas foi uma Faixa Áudio (Anexo I) que incluiu, duas histórias, duas cantigas infantis e duas listas de palavras.

3.6.3 Instrumentos para a Colheita de Dados e Procedimentos

A realização deste estudo implicou um conjunto de passos com vista à criação de todas as condições para a recolha dos dados. Incluiu a criação de uma equipa multidisciplinar, e preparação de pastas de trabalho.

Numa primeira reunião com o Coorientador do estudo e a então Diretora do Serviço de Neurologia do Hospital Garcia de Orta, EPE, apresentou-se a intenção do estudo que era proposto, tendo a Sr.^a Diretora aceite colaborar. Outras reuniões sucederam-se, nomeadamente com o Diretor de Serviço de Otorrinolaringologia, igualmente com o propósito da sua colaboração, tendo este igualmente aceite.

Houve necessidade de reunir com a médica otorrinolaringologista Dr^a. Helena Rosa responsável pela Audiologia Pediátrica e pelo RANU que se efetua nesta Instituição desde 2008, para indicação do estudo, seu propósito e definição da amostra pretendida.

Tendo sido a mesma que forneceu os dados da casuística que se enquadrava nos requisitos do estudo, bem como entrou em contacto com os cuidadores dos indivíduos da amostra (crianças), explicou a sua importância e solicitou a participação.

Sucederam-se outras reuniões onde a Orientadora do estudo foi apresentada aos elementos colaboradores, conheceu-se a equipa do Serviço de Neurologia que iria examinar os indivíduos da amostra, e definiu-se o protocolo a executar, bem como o dia e a hora da realização dos exames.

Mais tarde entregou-se às equipas uma pasta de trabalho que incluía, a explicação do estudo, perguntas frequentes, a folha do consentimento informado, um questionário, a folha de trabalho, e a folha de EXCEL onde se iriam anotar os dados. Esta folha de recolha de dados, a ser aplicada junto dos cuidadores das crianças seleccionadas, foi elaborada de forma a permitir identificar eventualmente, fatores que pudessem condicionar a utilização ou o desempenho das próteses auditivas. Estes dados não foram considerados no estudo presente por se ter optado por um modelo de “Estudo de caso”, onde cada criança foi comparada com ela própria. No entanto, este modelo de recolha de informação poderá ser útil num estudo com uma amostra mais alargada. Os Anexos C, D, E, F, G e H mostram os documentos atrás mencionados.

A amostra foi então colhida entre a população alvo do Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital Garcia de Orta, EPE. A escolha desta Instituição Hospitalar prendeu-se com a cooperação estabelecida entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa e o mesmo Hospital para o desenvolvimento de estudos científicos, e também por aí se praticar o RANU.

A seleção do grupo dos indivíduos com hipoacusia neurossensorial congénita adaptados proteticamente efetuou-se com a ajuda da Doutora Helena Rosa a partir dos processos individuais, que incluíam, a história e o diagnóstico clínico, testes complementares de diagnóstico e terapêutica, como testes comportamentais e/ou testes eletrofisiológicos e o relatório de acompanhamento do processo individual de reabilitação do respetivo Centro de Reabilitação Auditiva.

A caracterização dos indivíduos foi elaborada com base na revisão anteriormente descrita e incluiu uma entrevista aos pais na altura da realização do EEG.

Os cuidadores das crianças foram informados mais detalhadamente do propósito do estudo pelo investigador. O estudo foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsínquia, tendo sido aprovado pela Comissão de Ética da Instituição envolvida neste Projeto. Todos os pais assinaram o Consentimento Informado. O investigador deu consentimento aos examinadores para fazerem parte do estudo.

Efetuiu-se um EEG a cada indivíduo da amostra, com um eletroencefalógrafo, onde se usaram 19 canais e cuja montagem dos elétrodos foi segundo o sistema internacional 10-20. O EEG efetuou-se

com e sem próteses auditivas, quando este estava submetido a um estímulo sonoro. O estímulo gravado com o propósito deste estudo consistiu numa Faixa Áudio gravada pela autora e pelo seu Coorientador.

A Faixa Audio incluiu duas histórias, duas cantigas e duas listas de palavras infantis, todas separadas por ruído branco (Anexo I). Quanto às histórias e às listas de palavras, uma foi lida pelo investigador e a outra foi lida pelo seu Coorientador. As palavras utilizadas foram retiradas das listas dissilábicas da audiometria vocal infantil calibradas foneticamente para a língua portuguesa. Optou-se por este estímulo sonoro pela importância das cantigas e das histórias em fases iniciais de aprendizagem, que prendem a atenção, estimulam a imaginação e a criatividade da criança quando as habilidades cognitivas se desenvolvem, sendo utilizadas quer em ambiente escolar, quer em casa.

O protocolo completo realizou-se numa só sessão para cada indivíduo e demorou em média uma hora.

Para o tratamento dos dados foi necessário instalar o *software* MATLAB e aprender a operacionalizar com o mesmo. A escolha deste *software* prendeu-se com o facto de ter sido aconselhado por investigadores internacionais e nacionais, nomeadamente Danny Oude Bos da University of Twente investigadora na área de *EEG – based Emotions Recognition*, e pelo Professor Manuel Duarte Ortigueira que desenvolveu funções específicas que, usadas em MATLAB, facultaram a análise dos sinais e a comparação dos mesmos nas situações com e sem as próteses auditivas, e a elaboração dos gráficos que se apresentam mais adiante.

Na Análise dos Sinais foi necessário a colaboração de Engenheiros Eletrotécnicos com experiência em MATLAB e Processamento de Sinais; foram eles: o Engenheiro João Pedro Lameira, o Engenheiro Bruno Ribeiro e o Engenheiro Carlos Ribeiro. A investigadora manteve contacto estreito com os mesmos ao longo da Análise dos Sinais.

3.6.3.1 Colheita da Informação a partir dos Relatórios Médicos, Entrevistas e Traçados Eletroencefalográficos

A caracterização dos indivíduos foi elaborada a partir da revisão dos relatórios médicos e de exames complementares de diagnóstico e terapêutica que constavam do processo clínico, que foram reavaliados pela Dr^a. Helena Rosa, que descreveu sumariamente as crianças, e as suas características, clarificando a sua situação patológica. Os dados anteriores foram usados para iniciar a caracterização das crianças, mas foi necessário envolver a família para complementar a informação de acordo com a sua opinião subjetiva. Na altura da realização do EEG a investigadora entrevistou os cuidadores, que em todos os casos foram os pais, e que relataram os factos ocorridos na vida das crianças permitindo preencher os questionários.

A investigadora manteve-se em contacto com alguns participantes, nomeadamente com a Dr^a. Helena Rosa que segue as crianças com regularidade, e com as Dr^a. Helena Rego e Dr^a. Madalena Pires, Neurofisiografistas, que efetuaram os exames às crianças avaliaram a normalidade dos EEGs e forneceram os dados dos mesmos.

Na reavaliação de todos os dados colhidos foi possível identificar algumas características patológicas no EEG numa das crianças recrutadas pelo que, o tratamento dos dados apenas incluiu três casos que cumpriam os critérios pretendidos.

3.6.4 Tratamento dos dados

Os dados obtidos no questionário foram apenas utilizados para caracterizar individualmente a amostra, não se mostrando relevante a informação sobre o historial educativo e a caracterização do ambiente familiar no contexto do estudo do efeito das próteses auditivas nestas crianças. Não obstante este modelo de questionário poderá ser útil em estudos futuros que envolvam mais elementos e onde seja importante o fator idade, o fator idade de adaptação protética e a interferência do ambiente familiar e escolar na reabilitação, em particular em estudos com uma forte componente biopsicossocial.

Assim, e sendo a comparação da resposta cerebral ao estímulo sonoro o ónus do estudo de caso, o tratamento de dados irá incidir apenas na análise dos sinais.

Neste ponto para mais fácil compreensão precisam-se conceitos como Processamento Digital de Sinais, Sinais, MATLAB e EEGLAB.

3.6.4.1 Processamento Digital de Sinais – PDS

Toda a nossa vida se baseia em sinais cuja medição, processamento e análise dão origem a decisões. Como exemplos de sinais presentes quotidianamente encontram-se o som, a luz e a temperatura. Relativamente ao som o sistema auditivo converte-o em sinais elétricos que atingem o cérebro que analisa algumas das suas propriedades como a frequência, amplitude e fase, bem como o reconhece como fala, música ou ruído e localiza a sua fonte sonora (Restivo, 1998/1999).

A ciência dos sinais fornece a base matemática para lidar com diversas aplicações de grande importância na engenharia e na medicina, como é o caso do eletroencefalógrafo. Relativamente a este o Processamento de Sinais, que pode efetuar-se de forma analógica ou digital, visa extrair informação útil, de entre os sinais captados resultantes da atividade elétrica cerebral, na presença de certo tipo de estímulos ou condições externas que podem incluir sons, imagens, séries temporais, sinais de telecomunicações e neurofisiológicos.

Nos pontos seguintes muito resumidamente precisam-se os conceitos de Sinal, Processamento Digital de Sinais (PDS) e ainda o *software* utilizado na análise dos sinais dos EEGs efetuados às crianças que participaram neste estudo – o MATLAB, e uma das suas ferramentas – o EEGLAB, para melhor compreensão da sua análise matemática.

Segundo Ortigueira (2005) o estudo dos sinais teve início na descoberta dos fenómenos periódicos que levaram à introdução das noções de ano, dia, hora, etc. De igual relevância pode considerar-se a teoria e representação da música, como a primeira análise espectral efetuada pelos pitagóricos. Mais tarde Newton descobre o espectro da luz solar, e os trabalhos de Fourier, Sturm e Liouville (matemáticos) permitiram estudar os sinais no domínio da frequência. A evolução foi progredindo com os trabalhos de Wiener, Kolmogorov e Tuckey. Este último em colaboração com Cooley, em 1965, fez a redescoberta do algoritmo que permitiu a implementação da Fast Fourier Transform – FFT, tendo isso marcado a história da análise dos sinais.

Segundo o mesmo autor, o Processamento de Sinais (não digital), tinha já adquirido importância com as descobertas do telégrafo e do telefone e evoluído no início do século XX com a introdução de filtros por Zobel e Campbell. Foram igualmente importantes os trabalhos de Heaviside e Carson com a introdução de transformadas, tendo surgido então, o verdadeiro começo do Processamento de Sinais. Estes avanços levaram aos primeiros métodos de síntese de circuitos por Foster e Cauer nos anos 20, e 30 do século passado, e ao estabelecimento das bases teóricas por Cauer, Brune e Darlington, passando a fazer parte nos cursos de engenharia por Guillemin.

Durante a II Guerra Mundial houve um grande avanço, quer nas aplicações, em particular as militares, como o Radar, quer no campo teórico dos processos estocásticos. Com Wiener e Kolmogorov surgiram as noções que estão na base dos modernos avanços da Análise Espectral. Com Przen, Akaike e Burg surgiram outros modelos (Modelos ARMA) que evoluíram com Kalman, Bucy e Kailath, tendo aqui a verdadeira afirmação do PDS tomado expressão. No entanto, foi com a descoberta dos computadores que se deu o seu maior impulso, por permitirem a “implementação discreta de dispositivos processadores, antes realizados exclusivamente com tecnologia analógica e efetuar simulações que permitem prever, com grande exatidão, o comportamento de um dado sistema” (Ortigueira, 2005).

Ainda segundo Ortigueira (2005) a evolução do PDS inicialmente usado em processamento da fala foi-se alargando a outros domínios, tendendo à substituição sempre que possível das técnicas analógicas por digitais. Uma das aplicações do PDS é o EEG, uma vez que o “PDS é um conjunto de técnicas matemáticas e de engenharia que permitem o processamento (aquisição, estudo, análise, síntese, transformação, armazenagem, etc.) de sinais realizado em dispositivos digitais”.

3.6.4.2 Sinal

Precisando o conceito de **Sinal**, pode afirmar-se que “Um sinal é qualquer função associada a um fenómeno físico, económico ou social e que transporta algum tipo de informação sobre ele. É, portanto, uma descrição quantitativa de um dado fenómeno. Um sinal é função de uma ou várias variáveis independentes e pode ser revelada por um instrumento ou apercebida pelo homem. Os sinais estão presentes permanentemente no exterior e no interior dos seres vivos, embora seja, muitas vezes, difícil ter acesso a eles. Ex. Sinal da voz, Sucessão de fotografias, Velocidade do vento em função da altura e/ou do tempo, Valores dos preços de um dado bem de consumo em dias sucessivos, Temperaturas do ar ao longo do dia, Sinais elétricos entre células do sistema nervoso, Eletrocardiograma, Eletroencefalograma...” (Ortigueira, 2005).

3.6.4.3 MATLAB

MATLAB é um *software* interativo destinado ao cálculo numérico que permite a análise numérica, o cálculo com matrizes, o processamento de sinais e a construção de gráficos, num ambiente fácil de utilizar onde os problemas e as soluções são expressos como são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional. Além disso, permite a resolução de muitos problemas numéricos numa curta fração de tempo relativamente ao tempo que se gastaria para escrever um programa semelhante numa outra linguagem.

Segundo Ortigueira (2005) “o MATLAB é um dos mais poderosos meios postos ao dispor de um engenheiro ou cientista. Ainda segundo Ortigueira (2007/2008) o MATLAB é um Programa fácil de usar que permite realizar, de forma simples, cálculos matemáticos complicados”.

3.6.4.3.1 EEGLAB

EEGLAB é uma caixa de ferramentas do MATLAB, interativo destinado ao processamento de sinais do EEG e de outros dados eletrofisiológicos, permitindo entre outras a análise de tempo/frequência.

Quanto ao tratamento dos dados pretendeu-se avaliar através da análise de sinais se o mapeamento cerebral que se observa no EEG da criança com défice auditivo adaptada proteticamente quando submetida a um estímulo sonoro, é diferente com e sem próteses auditivas. As medidas de diferença que se procuraram entre os sinais obtiveram-se a partir das técnicas desenvolvidas, como médias, potências, frequências de picos, etc.

Todos os sinais são compostos por duas partes, a primeira com, e a segunda sem as próteses auditivas. Assim, logo após a instalação do *software* numa abordagem inicial geraram-se espectros

com a análise do MATLAB dos sinais do EEG (sinal inteiro só partido com e sem as próteses) para ambas as situações. Os espectros produzidos dos sinais do EEG, resultantes da atividade do cérebro quando a criança foi submetida a um estímulo sonoro com e sem as próteses auditivas permitiram de seguida efetuar uma primeira análise onde se visualizaram as frequências onde os picos estão localizados e se observaram as diferenças.

Neste estudo o sistema de aquisição apresenta os dados no formato EDF (*European Data Format* ex. fig. 3.1). Utilizou-se o EEGLAB que permitiu ao abrir os ficheiros EDF efetuar a conversão para ficheiros .mat legíveis pelo MATLAB.

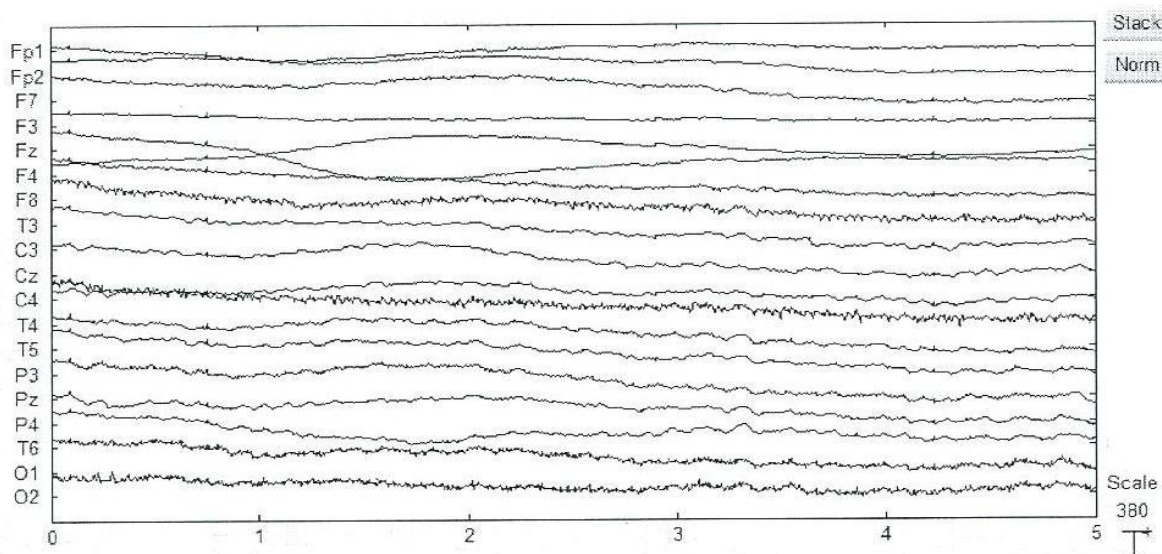


Figura 3.1 - Indivíduo A. edf

Os ficheiros são compostos por 19 sinais numerados de 1 a 19, tendo sido necessário em primeiro lugar, identificar a que sensor posicionado no cérebro correspondia cada um dos números. O sistema de montagem dos elétrodos foi o Sistema Internacional de Montagem 10-20 (mapeamento das posições onde se colocaram os elétrodos para registar os sinais do EEG). Para esta primeira tarefa utilizou-se um programa auxiliar especializado na análise de sinais do EEG, o EEGLAB. Utilizaram-se os ficheiros .edf por serem compatíveis com o EEGLAB. Esta análise permitiu estabelecer a relação entre os canais e os respetivos sinais do MATLAB.

Cada um dos sinais é constituído por uma composição de histórias, cantigas e palavras. Esta composição é igual para todos os indivíduos para deste modo se poder efetuar a análise.

De seguida desenvolveu-se um algoritmo em **MATLAB** para separar o sinal de acordo com as anotações, relativamente à escuta dos diversos trechos do estímulo sonoro. Assim obtiveram-se todas as partes (situações) que se pretendia analisar com e sem próteses auditivas: **História 1 = H1** (voz feminina), **História 2 = H2** (voz masculina), **Cantiga 1 = C1**, **Cantiga 2 = C2**, **Palavras = F**.

A figura 3.2 mostra parte das anotações das diversas situações relativas ao indivíduo A.



Hour	Text note
10:38:10	Olhos abertos
10:38:17	Olhos abertos
10:38:23	silencio
10:39:21	Olhos abertos
10:39:26	silencio
10:41:04	Olhos abertos
10:41:27	Olhos abertos
10:42:50	Olhos abertos
10:43:40	inicio
10:43:41	historia
10:43:46	Olhos abertos
10:44:21	historia
10:45:09	historia
10:45:59	musica- come a p-
10:46:07	Olhos abertos
10:46:38	musica-come a pe
10:47:12	nomeação
10:47:31	historia princesa c
10:48:04	historia princesa
10:48:41	protese desligada
10:49:17	idem
10:49:54	idem
10:50:27	1ª historia (Isabel
10:51:03	continua c/ protes
10:51:34	fim

Figura 3.2 - Anotações do Indivíduo A.

Escolheu-se o estudo do **Sinal 8 (S8)** para todas as crianças (A, B e C) por este corresponder ao **Canal T3** correspondente à área 42 de Brodmann (córtex primário e de associação auditiva). Analisou-se também o **Sinal 13 (S13)** em todas as crianças, que corresponde ao **Canal T5**. A escolha deste canal deveu-se aos sensores (T3 e T5) estarem na vizinhança, pensando que tal poderia evitar atrasos que provocassem desfasagens que pudessem levar a cancelamentos. Teve igual importância para a escolha deste sinal o facto de corresponder à área 37 de Brodmann relacionada entre outras, com a seletividade para sons, para o discurso e com o processamento do movimento visual.

Estudaram-se **26 Situações**. Para cada uma das situações para todas as crianças procedeu-se à análise dos Sinais 8 e 13.

O Professor Manuel Duarte Ortigueira desenvolveu funções específicas que usadas em MATLAB permitiram obter entre os sinais as técnicas desenvolvidas que facultaram a comparação das mesmas com e sem as próteses auditivas e a execução dos gráficos.

As análises efetuaram-se no domínio do **Tempo, da Frequência e da Energia – Análise Welch**.

Relativamente à **Análise Temporal** a partir dos dados dos Sinais 8 e 13 nas diversas situações (componentes) de estudo (histórias, cantigas, palavras) com e sem as próteses auditivas, retiraram-se os valores dos indicadores estatísticos, média, mediana e desvio padrão, de seguida com os dados obtidos criaram-se os gráficos (Anexo K).

Para efetuar este estudo optou-se por se considerar dois sinais por cada criança: a) O sinal obtido no canal 8 e b) O sinal obtido no canal 13.

Para uma **Análise Qualitativa** numa primeira fase observaram-se os espectros, identificaram-se as frequências onde se localizavam os picos e compararam-se. Procedeu-se igualmente à **Sobreposição dos Gráficos** efetuados para as interpretações de **Tempo**, e para isso usou-se o programa Adobe Photoshop.

Porque os espectros apesar de darem uma informação muito importante que permite alguma indicação sobre o efeito das próteses auditivas ao mostrar a presença mais ou menos forte de determinados componentes, não dão informação sobre os intervalos de tempo onde ocorreram. Sendo necessário uma análise de tempo-frequência, e dada a simplicidade do espectrograma, ferramenta muito útil neste caso. Efetuaram-se os **Espectrogramas** dos **Sinais 8, 13** e de um terceiro sinal resultante de efetuar a média de todos os sinais de todos os canais (chamar-lhe-emos “**Sinal Médio**”) **S0**, para todos os indivíduos, nas diversas componentes de estudo, quando as três crianças em primeiro lugar com e de seguida sem as próteses auditivas foram submetidas ao mesmo estímulo sonoro. Por serem gráficos que analisam dinamicamente a densidade espectral de energia são habitualmente traçados de forma planar com diferentes cores do espectro visível, variando do violeta ao vermelho, que indicam a intensidade da densidade espectral de energia.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra do estudo caracteriza-se da seguinte forma:

Indivíduo A – Sexo masculino, nascido a 5 de março de 2006 de gravidez de termo. No nascimento observou-se Síndrome de Dificuldade Respiratória, HT Pulmonar moderada, Anemia multifatorial, Icterícia multifatorial e foi submetido a fototerapia durante dois dias. Como diagnóstico Clínico apresenta hipoacusia neurosensorial bilateral de grau moderado. Foi adaptado proteticamente, com adaptação binaural aos 4 anos de idade. Desde os 9 meses que frequenta o jardim infantil, onde passa 9 a 10 horas diárias. A mãe refere boa adaptação protética. Participou no estudo com 6 anos.

Indivíduo B – Sexo masculino, nascido a 24 de setembro de 2010. Como diagnóstico Clínico apresenta hipoacusia neurosensorial bilateral de grau moderado no ouvido direito e de grau severo no ouvido esquerdo. Foi adaptado proteticamente, com adaptação binaural aos 10 meses de idade.

Desde os 4 meses que frequenta a creche, onde passa das 8 às 18 horas e 30'. A mãe refere boa adaptação protética, que usa sempre as próteses e que chora quando se quer retirá-las. Participou no estudo com 1 ano e 4 meses.

Indivíduo C – Sexo masculino, nascido a 11 de outubro de 2008. Como diagnóstico Clínico apresenta hipoacusia neurossensorial de causa genética, bilateral de grau severo no ouvido direito e de grau profundo no ouvido esquerdo. Foi adaptado proteticamente, com adaptação binaural aos 7 meses de idade. Desde os 10 meses que frequenta o jardim infantil, onde passa 7 horas e meia diárias. A mãe refere boa adaptação protética, que no início da adaptação houve dificuldade e rejeição. Atualmente pede para colocar. Participou no estudo com 3 anos e 5 meses.

Desde que as crianças foram diagnosticados quanto à surdez, que vêm sendo acompanhadas na Consulta de ORL do Hospital Garcia de Orta pela Dr^a. Helena Rosa e seguidas num Centro de Reabilitação Auditiva.

A caracterização dos indivíduos utilizou parte da informação recolhida no questionário.

3.8 RESULTADOS

3.8.1 Apresentação e Análise dos Resultados

A amostra global do estudo é constituída por três indivíduos com hipoacusia neurossensorial congénita, adaptados proteticamente com adaptação binaural. Todas as crianças são de etnia caucasiana, do sexo masculino, com idades compreendidas entre um ano e sete meses e os seis anos de idade.

Numa primeira análise dos Espectros produzidos com a análise MATLAB do sinal do EEG compararam-se as diferenças dos picos com e sem as próteses auditivas. Considerando a figura 3.3, o eixo do X representa o tempo em minutos, e o eixo do Y a amplitude do sinal em micro volts. As variações dos gráficos estão relacionadas com as diferentes partes do estímulo sonoro (música, histórias, palavras); na imagem à esquerda a criança tinha as próteses auditivas, e na imagem à direita não. A variação da cor das linhas do espectro reflete a energia cerebral produzida em resposta ao estímulo sonoro, onde o vermelho é mais energético do que o azul.

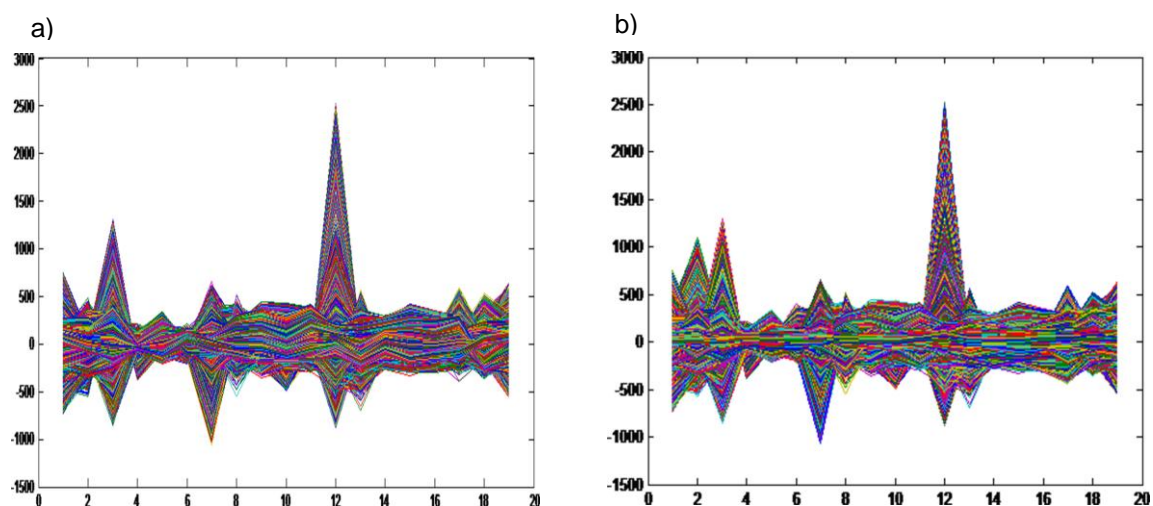


Figura 3.3 - Espectros do Indivíduo A com próteses auditivas a) e sem próteses auditivas b).

Verificou-se a correspondência entre a posição do eletrodo num ponto sobre a área de Brodmann representativa de determinada função (canal), e o correspondente sinal do EEG. A tabela 3.1 mostra essa correspondência.

Tabela 3.1 - Correspondência entre os canais e os sinais respectivos.

Canal	Sinal
Fp1	1
Fp2	2
F7	3
F3	4
Fz	5
F4	6
F8	7
T3	8
C3	9
Cz	10
C4	11
T4	12
T5	13
P3	14
Pz	15
P4	16
T6	17
O1	18
O2	19

Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

Estudaram-se 26 situações que a tabela 3.2 mostra, com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S). Para todas as crianças, nas respectivas situações procedeu-se à análise dos Sinais 8 e 13 e também do Sinal Médio (S0) para os espectrogramas.

Tabela 3.2 – As 26 Situações de Análise.

Indivíduos	Componentes de Análise									
	H1 C	H1 S	H2 C	H2 S	C1 C	C1 S	C2 C	C2 S	F C	F S
A	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
B	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

Os **Gráficos** apresentados no Anexo K apresentam os resultados das análises dos **Sinais 8 e 13**, efetuadas no domínio do **Tempo** para as três crianças estudadas. Efetuou-se igualmente a **Sobreposição dos Gráficos** das análises anteriores com e sem as próteses auditivas e também os **Espectrogramas** onde se incluiu um terceiro sinal (**S0**) ou **Sinal Médio** nas diversas situações de análise.

Para além da análise realizada no domínio do **Tempo**, realizou-se igualmente nos domínios da **Frequência e da Energia – Análise Welch (Método de Bartlett Welch)**. Desenharam-se os **Gráficos** relativos à **Média e ao Desvio Padrão dos Sinais** separados e os **Gráficos da Média e do Desvio Padrão do Sinal Inteiro**, e também se efetuaram **Histogramas** tendo-se produzido uma grande quantidade de gráficos. Aos quais se juntaram a **Sobreposição dos Gráficos** das análises anteriores com e sem as próteses auditivas e também os **Espectrogramas** das diversas situações de análise.

A Comparação dos Sinais Com Próteses e Sem Próteses conseguiu-se através de uma **Análise Gráfica** exaustiva, onde se separou cada componente de interesse dos sinais e os seus valores matemáticos relevantes, como a **Média, a Mediana e o Desvio Padrão** foram comparados.

Não obstante os resultados das análises de **Frequência e de Energia – Análise Welch**, bem como da **Média** e a observação dos **Histogramas** não foram conclusivos nem trouxeram qualquer pista interpretativa na comparação dos sinais com e sem as próteses. Por terem resultado num número elevado de gráficos, optou-se por não incluir nesta tese. Ressalva-se, no entanto, que se considerou importante este procedimento, uma vez que se procura encontrar um algoritmo matemático que seja acessível, informativo e de fácil utilização no futuro. Neste caso a análise da frequência e de Welch não parecem ser as indicadas para os objetivos propostos neste estudo.

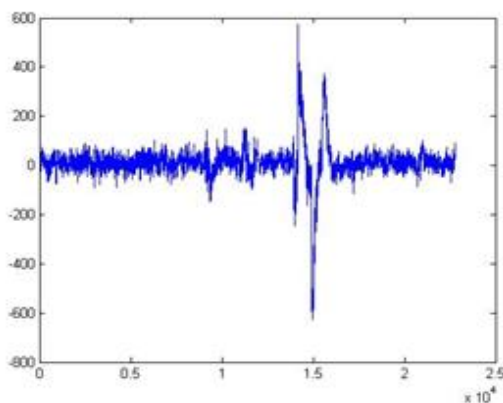
A título ilustrativo considerando os sinais obtidos a partir do traçado do EEG, apenas para o indivíduo A serão apresentados de seguida os respetivos gráficos das diferentes análises, com e sem as próteses auditivas, dos Sinais 8 e 13, bem como a sobreposição dos gráficos das análises anteriores e os espectrogramas que incluíram o Sinal Médio S(0).

3.8.2 Análise Temporal

A figura 3.4 mostra os valores dos indicadores estatísticos, Média, Mediana e Desvio Padrão e os respetivos Gráficos da Análise Temporal do Sinal 8, nas diversas componentes de estudo (H1, H2, C1, F), com e sem as próteses auditivas, quando submetido ao mesmo estímulo sonoro. Nos gráficos o eixo das abcissas representa o tempo, e o eixo das ordenadas a amplitude.

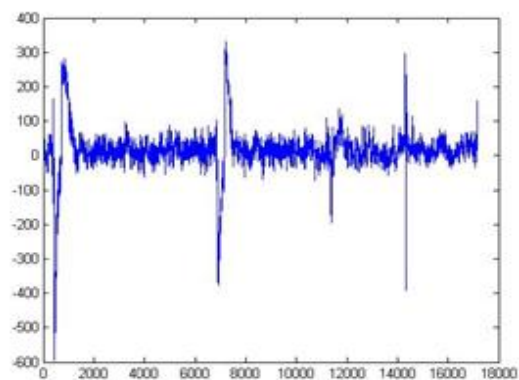
a)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,35	13,23	68,19



B – Com prótese auditiva H1.

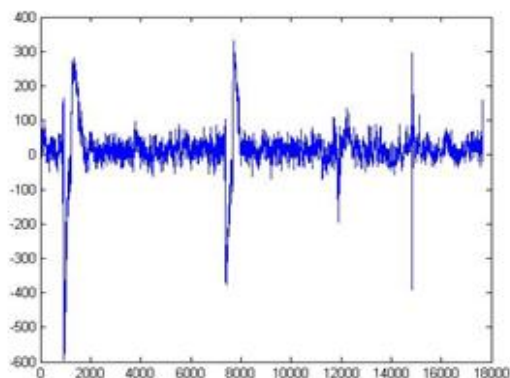
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,69	14,59	64,54



B – Sem prótese auditiva H1.

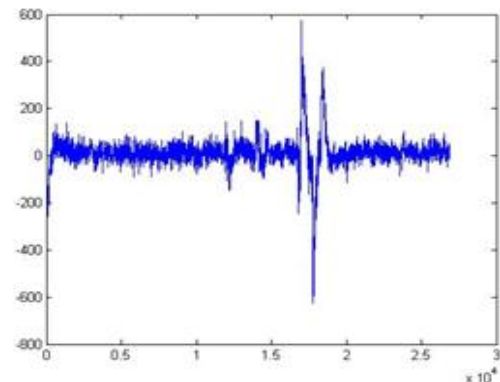
b)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,88	14,79	63,75



B – Com prótese auditiva H2.

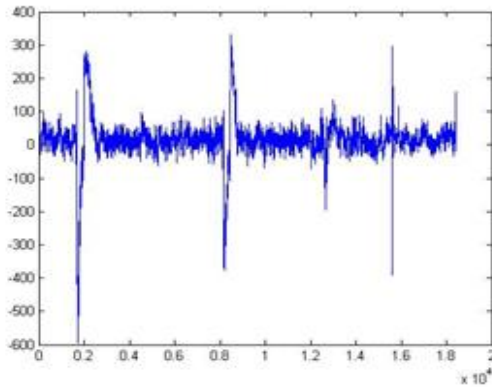
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,58	14,59	65,41



B – Sem prótese auditiva H2.

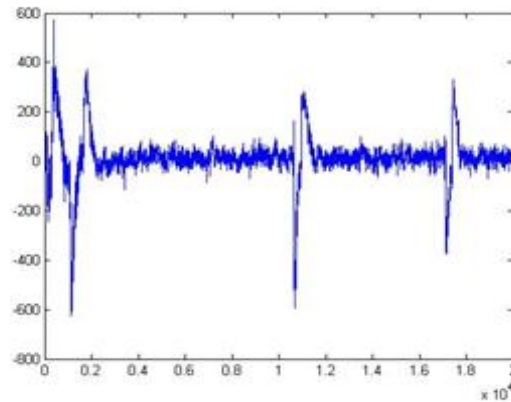
c)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	15,12	15,08	62,59



B – Com prótese auditiva – C1.

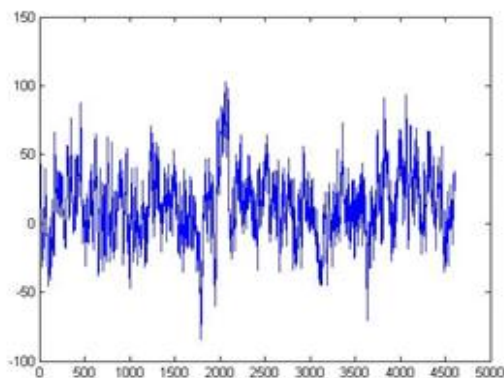
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,95	13,53	89,32



B – Sem prótese auditiva C1.

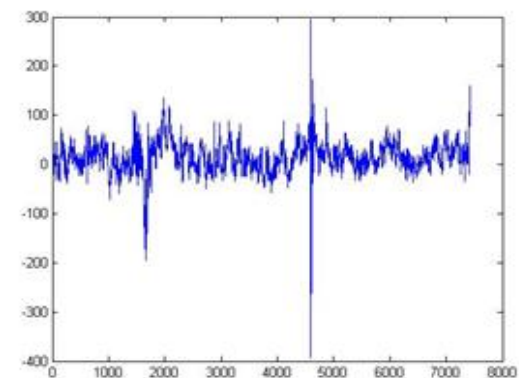
d)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	12,96	12,16	24,19



B – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,94	14,11	31,42



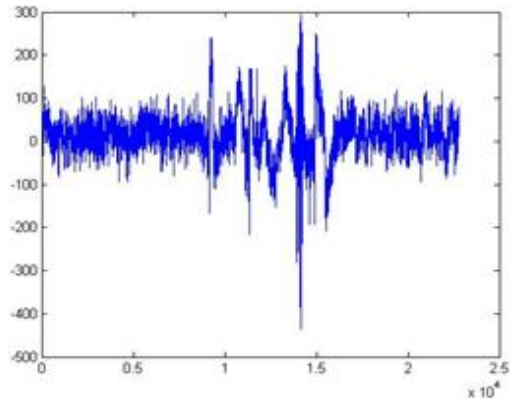
B – Sem prótese auditiva F.

Figura 3.4 - Análise Temporal do Sinal 8 nas diversas componentes de estudo com e sem próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à análise temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respectivamente.

A figura 3.5 mostra os valores dos indicadores estatísticos, Média, Mediana e Desvio Padrão e os respectivos gráficos da Análise Temporal do Sinal 13, nas diversas componentes de estudo (H1, H2, C1, F), com e sem as próteses auditivas, quando submetido ao mesmo estímulo sonoro. Nos gráficos o eixo das abcissas representa o tempo, e o eixo das ordenadas a amplitude.

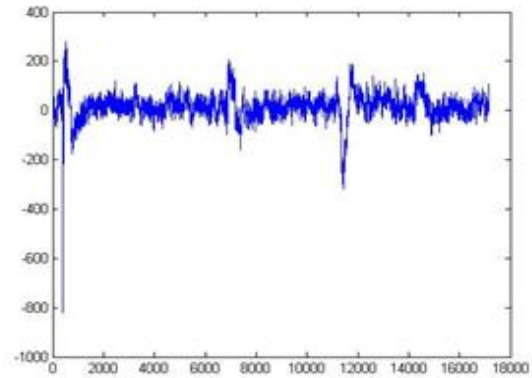
a)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,09	13,92	48,11



B – Com prótese auditiva H1.

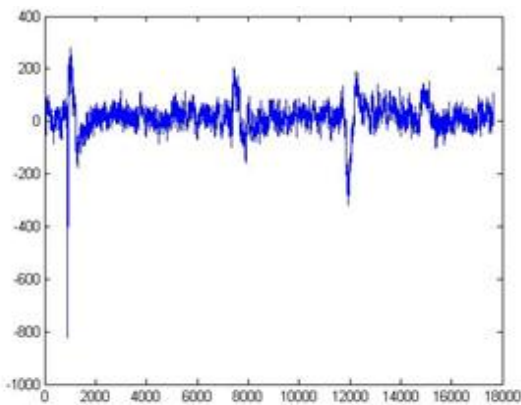
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,74	16,16	51,52



B – Sem prótese auditiva H1.

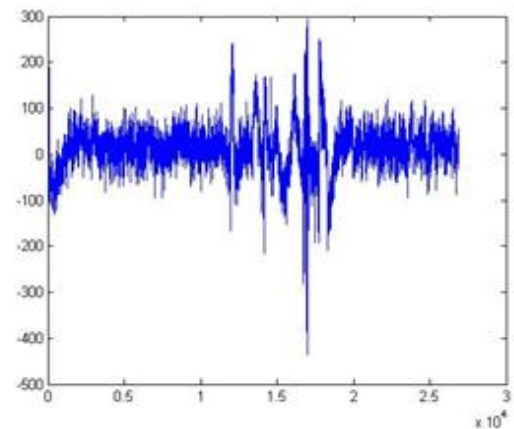
b)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,77	16,26	51,09



B – Com prótese auditiva H2.

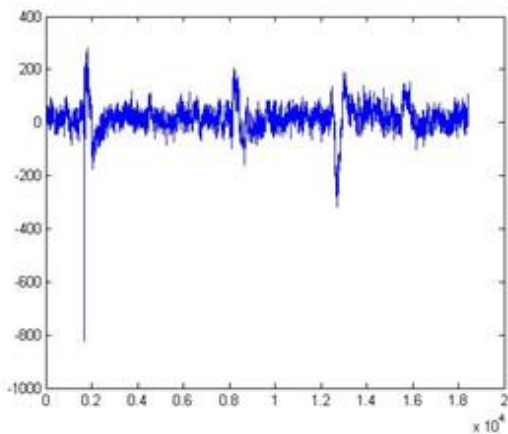
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	13,94	13,53	48,22



B – Sem prótese auditiva H2.

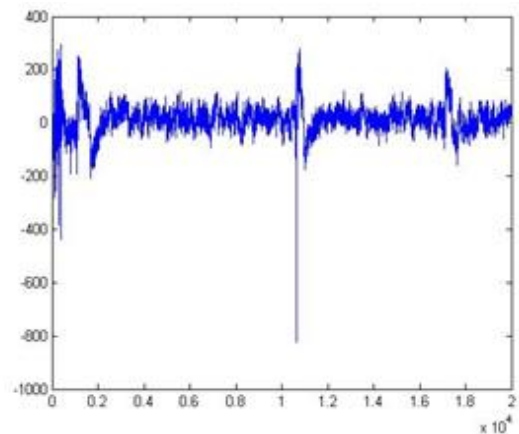
c)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,85	16,46	50,25



B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,26	15,87	49,54



B – Sem prótese auditiva C1.

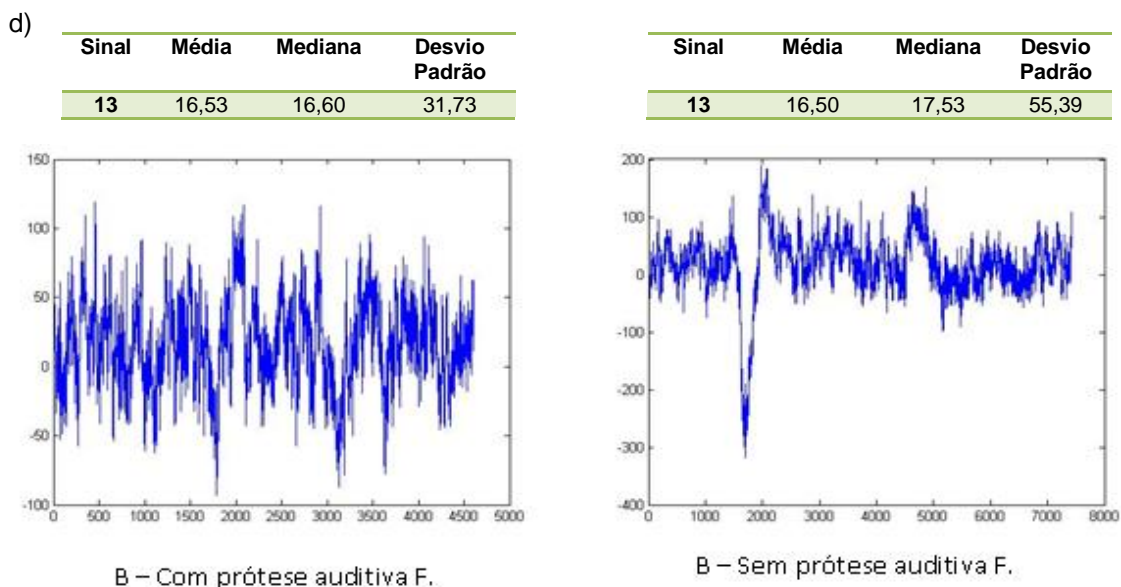


Figura 3.5 - Análise Temporal do Sinal 13 nas diversas componentes de estudo com e sem próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à análise temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respectivamente.

A análise qualitativa dos gráficos obtidos para as 4 componentes de estudo, com e sem as próteses auditivas, não apresenta diferenças significativas nos traçados, observando-se alguns picos de amplitude em tempos diferentes, onde não se consegue atribuir nenhum significado associável ao próprio estímulo sonoro. Ressalta-se a observação para a componente F onde os traçados gráficos são diferentes, não sendo possível, mesmo assim, atribuir algum significado particular. Na tentativa de encontrar valores quantificáveis que assinalassem a diferença dos sinais com e sem as próteses, foram calculadas as médias, medianas e desvios padrão para cada uma das situações, não se observando uma relação entre os valores obtidos e as situações em teste, ou seja, quando as próteses estão colocadas os valores médios calculados não são sempre superiores, ou inferiores comparativamente aos sinais obtidos sem as próteses.

Assim, para o Indivíduo A os gráficos produzidos para o Sinal 8 (figura 3.4) apresentam picos de variação em tempos diferentes quando consideramos a mesma componente de estudo, podendo mesmo apresentar um número diferente de picos. Comparando os valores da média não se observa um padrão, por exemplo, para as componentes H1 e F a média obtida com próteses é inferior à média obtida sem próteses, mas para as componentes H2 e C1 observa-se o contrário.

De notar que o traçado de cada gráfico, quando interpretado apenas qualitativamente, é aparentemente regular e delineado, como se houvesse o mesmo tipo de “focagem”, para as componentes H1, H2 e C1, com e sem as próteses, enquanto, na componente F o gráfico apresenta-se mais disperso.

Já para o Sinal 13 (figura 3.5) este tipo de interpretação mostra que apenas para a componente H1 o valor da média é inferior com próteses do que sem próteses. Da observação dos gráficos obtidos

para este sinal não se encontra a mesma regularidade observada para o sinal 8, sendo mais dispersos os gráficos obtidos com as próteses nas componentes H1 e F e sem as próteses na componente H2.

3.8.3 Desvio Padrão

Efetuaram-se também os gráficos relativamente ao Desvio Padrão que se apresentam de seguida:

O gráfico 3.1 apresenta o Desvio Padrão do Sinal 8, nas diversas componentes de análise, com e sem as próteses auditivas.

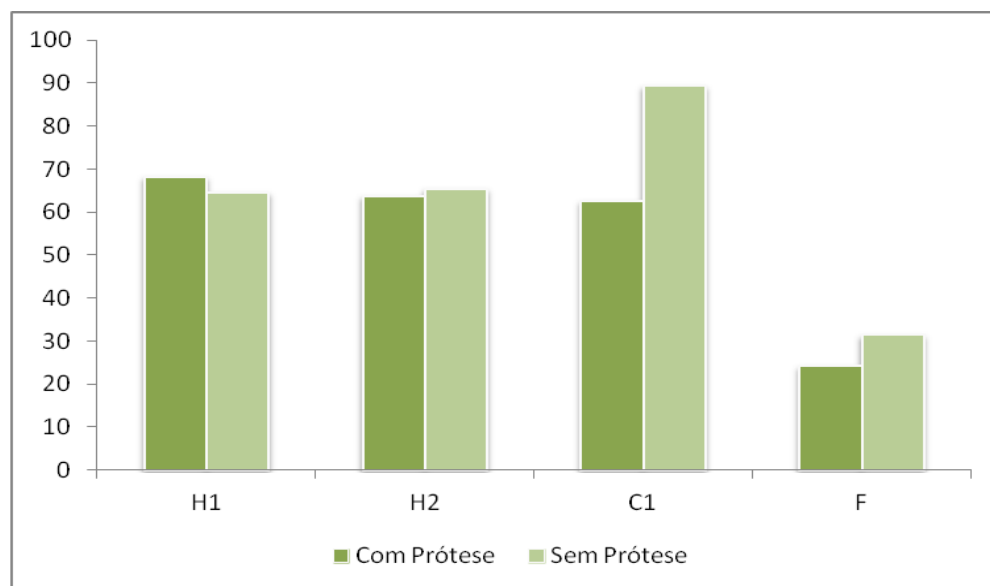


Gráfico 3.1 - Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).

O gráfico 3.2 apresenta o Desvio Padrão do Sinal 13, nas diversas componentes de análise, com e sem as próteses auditivas. Os gráficos 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8 apresentam o Desvio Padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas para a H1; para a H2; para a C1 e para a F; o Desvio Padrão do Sinal Inteiro com e sem próteses auditivas nas diversas componentes de análise e o Desvio Padrão do Sinal Inteiro, respetivamente.

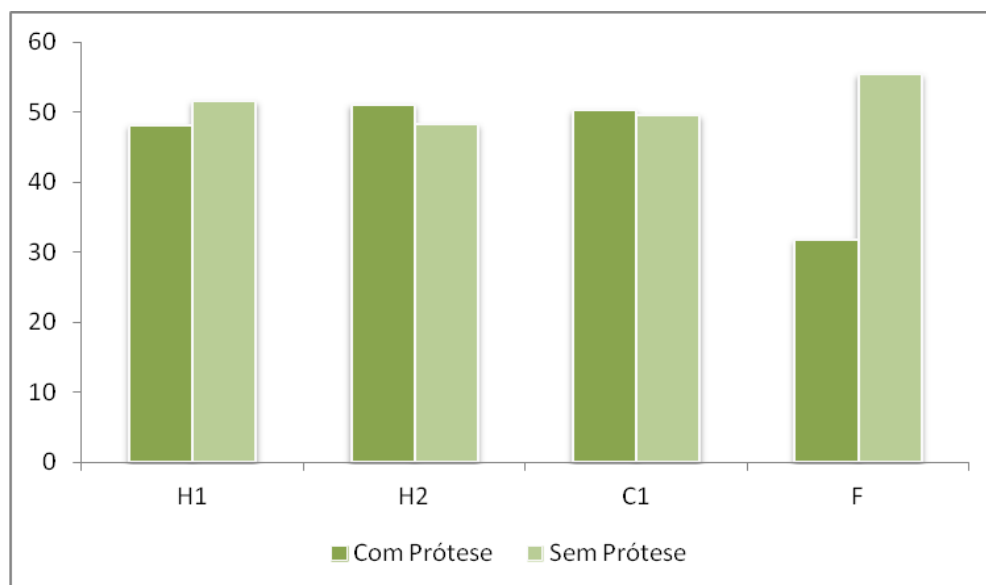


Gráfico 3.2 - Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).

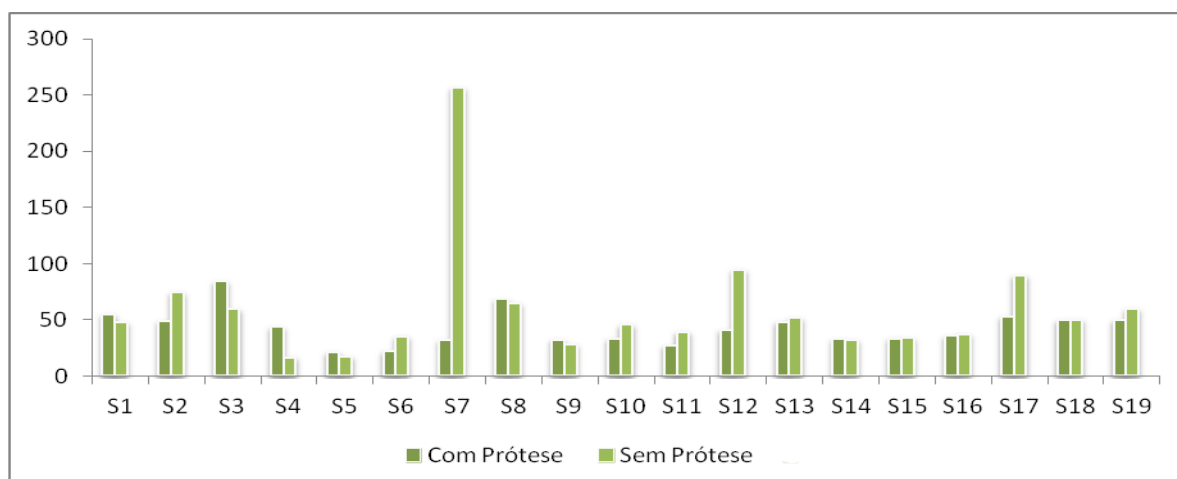


Gráfico 3.3 - Desvio padrão dos 19 sinais, com e sem próteses auditivas – H1 (Indivíduo A).

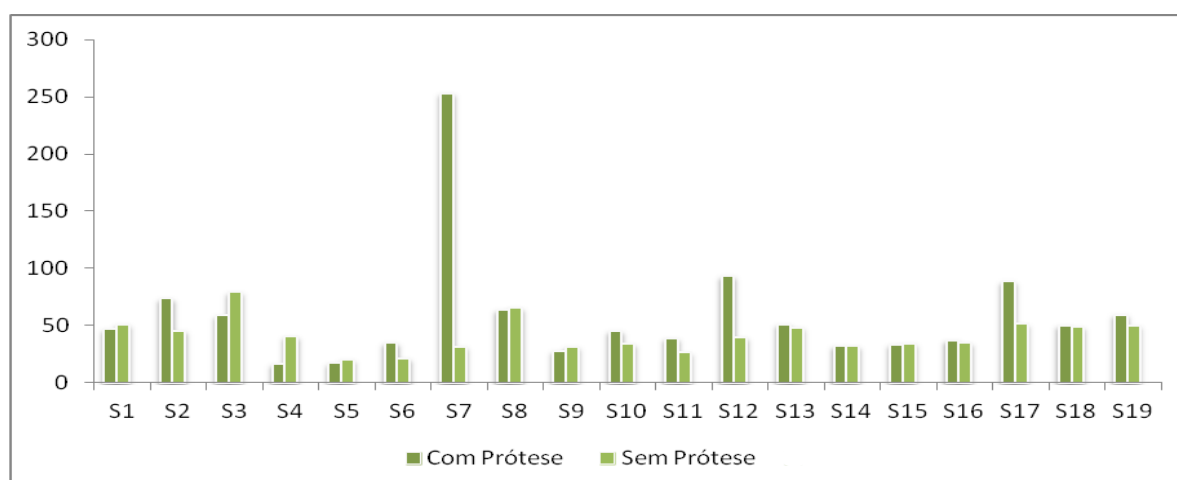


Gráfico 3.4 - Desvio padrão dos 19 sinais, com e sem próteses auditivas – H2 (Indivíduo A).

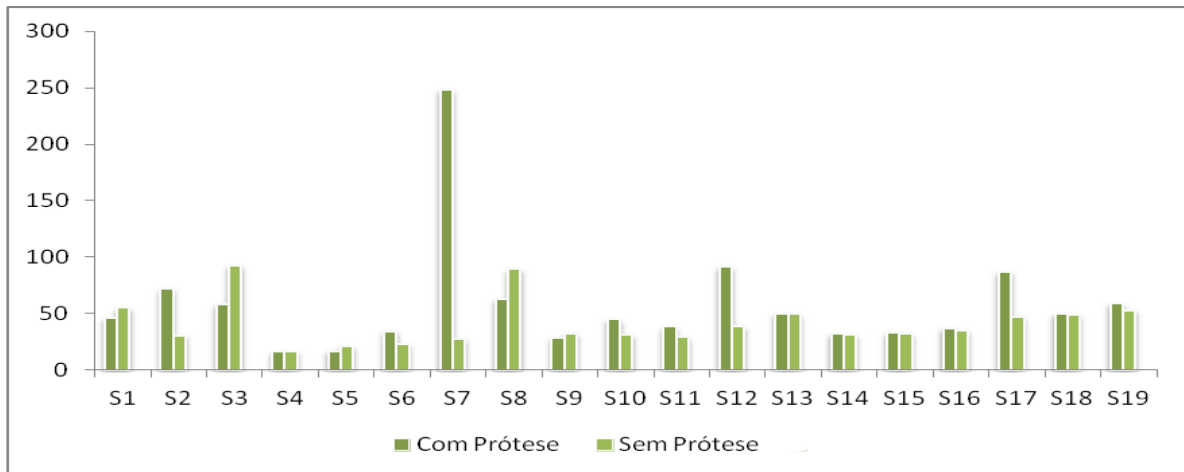


Gráfico 3.5 - Desvio padrão dos 19 sinais, com e sem próteses auditivas – **C1** (Indivíduo A).

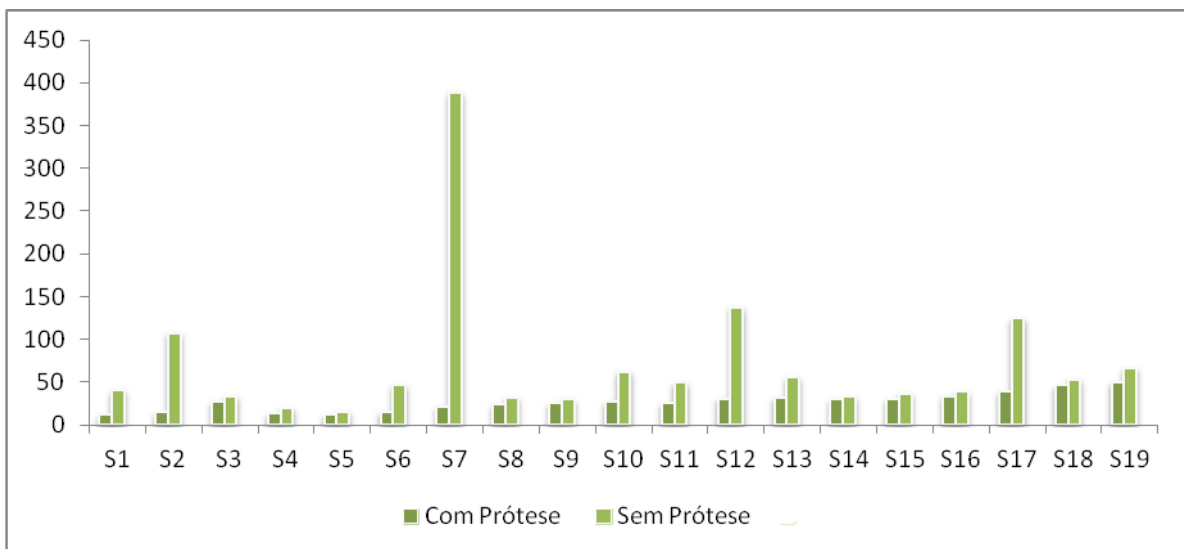


Gráfico 3.6 - Desvio padrão nos 19 sinais, com e sem próteses auditivas – **F** (Indivíduo A).

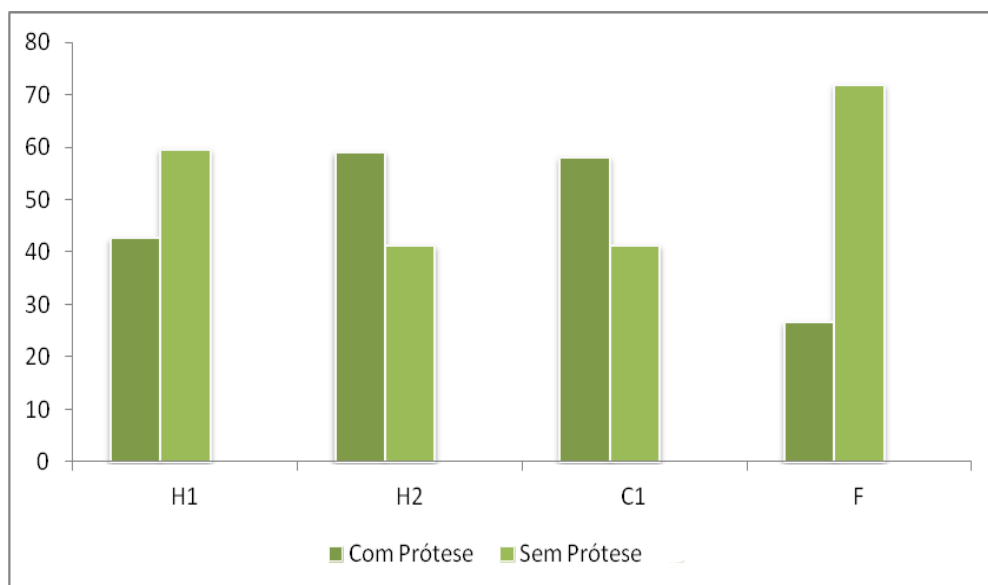


Gráfico 3.7 - Desvio padrão do Sinal Inteiro com e sem próteses auditivas nas diversas componentes de análise (indivíduo A).

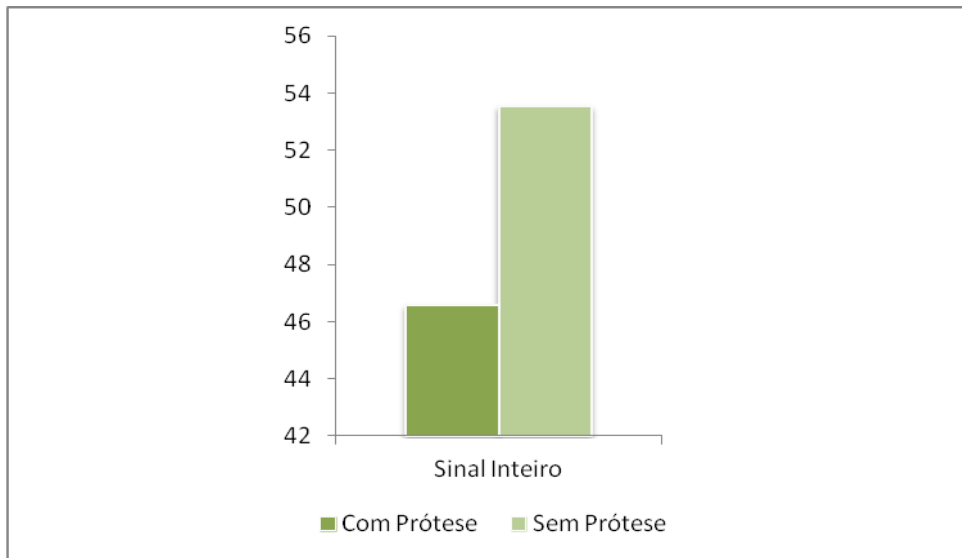


Gráfico 3.8 - Desvio padrão do Sinal Inteiro com e sem próteses auditivas (indivíduo A).

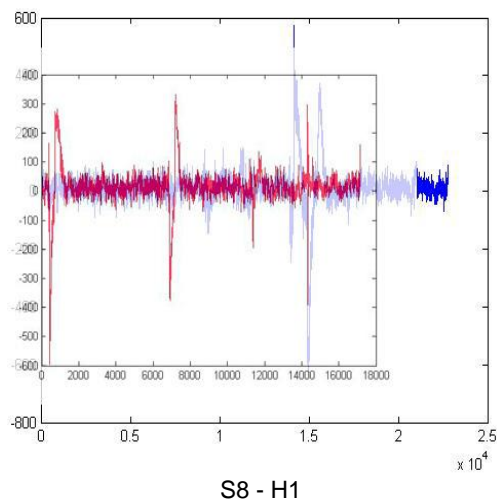
3.8.4 Sobreposição dos Gráficos da Análise Temporal

Para apoiar a observação qualitativa experimentou-se a procura de variação apenas pela sobreposição simples dos gráficos obtidos para a análise temporal. A interpretação realizada é puramente visual.

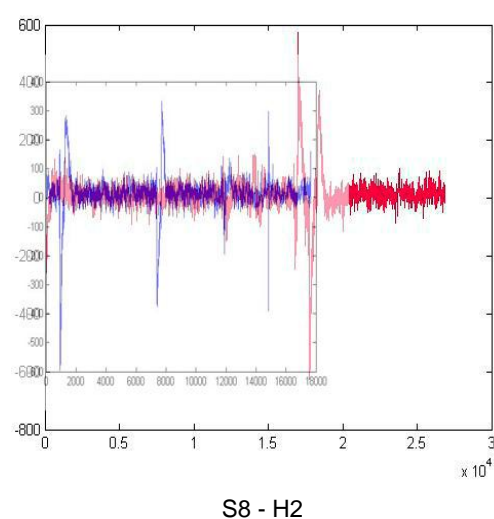
Para a realização da sobreposição os gráficos foram ajustados à mesma escala temporal. A sobreposição foi realizada com a ajuda de um programa de desenho – Photoshop – de forma a permitir mostrar “no papel” o efeito visual que a simples sobreposição de gráficos poderia produzir.

As figuras 3.6 e 3.7 mostram respetivamente a Sobreposição dos Gráficos da Análise Temporal, do Sinal 8 e do Sinal 13 nas diversas componentes de estudo (H1, H2, C1 e F), com (azul) e sem (vermelho) as próteses auditivas.

a)



b)



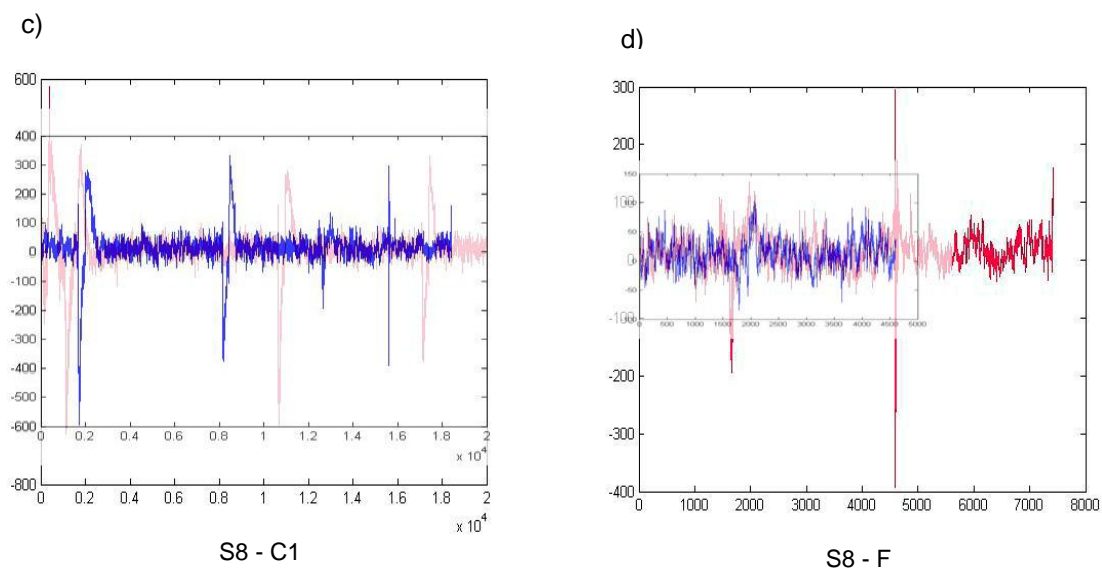
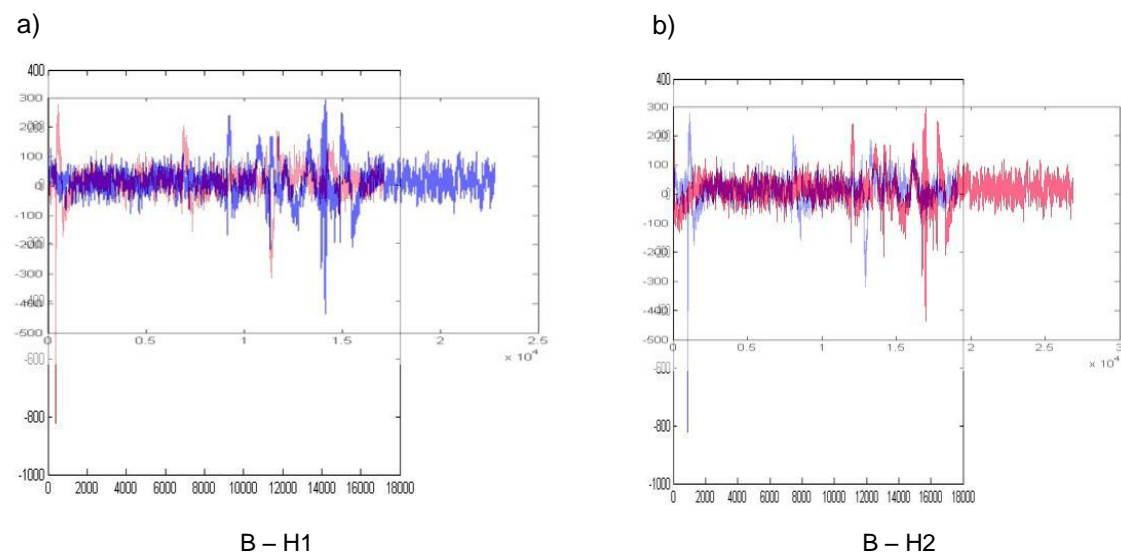


Figura 3.6 - Sobreposição dos gráficos da Análise Temporal do Sinal 8 nas diversas componentes de estudo, com (azul) e sem (vermelho) as próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à Análise Temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respectivamente.



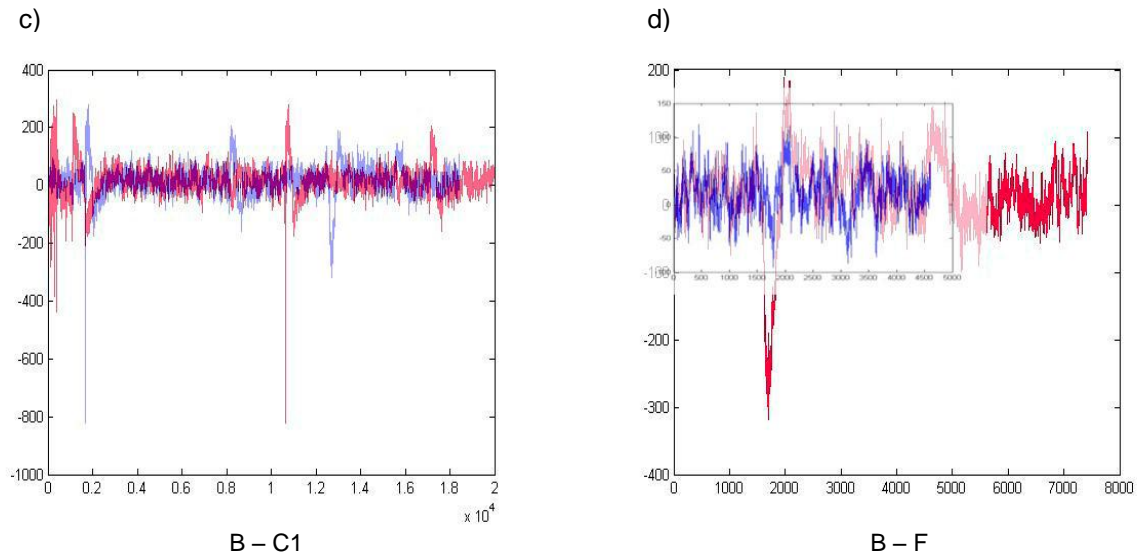


Figura 3.7 - Sobreposição dos gráficos da Análise Temporal do Sinal 13 nas diversas componentes de estudo, com (azul) e sem (vermelho) as próteses auditivas para o Indivíduo A. As situações a), b), c) e d) correspondem à Análise Temporal, com e sem próteses auditivas, para as 4 componentes estudadas (H1, H2, C1, F), respetivamente.

Em qualquer das situações representadas observam-se as zonas de variação e de dispersão de cada uma das componentes estudadas. Estes gráficos mostram claramente que há diferenças quando as próteses estão colocadas ou não. Será necessário, contudo, perceber se estas diferenças podem ser associadas ao efeito que as próteses possam ter na percepção do estímulo sonoro.

3.8.5 Espectrogramas

Por fim, na tentativa de mostrar e perceber as variações encontradas, foram criados os **Espectrogramas** relativamente aos Sinais 8 e 13, juntando-se um terceiro sinal a que se chamou Sinal Médio (S0) que representa a média de todos os sinais de todos os canais. As figuras que se seguem representam os **Espectrogramas** obtidos, sequencialmente, para cada uma das componentes estudadas. Assim para a componente H1 apresentam-se, nas duas situações com e sem as próteses, os **Espectrogramas** para os Sinais S8, S13 e S0, e assim sucessivamente, para as componentes H2, C1 e F.

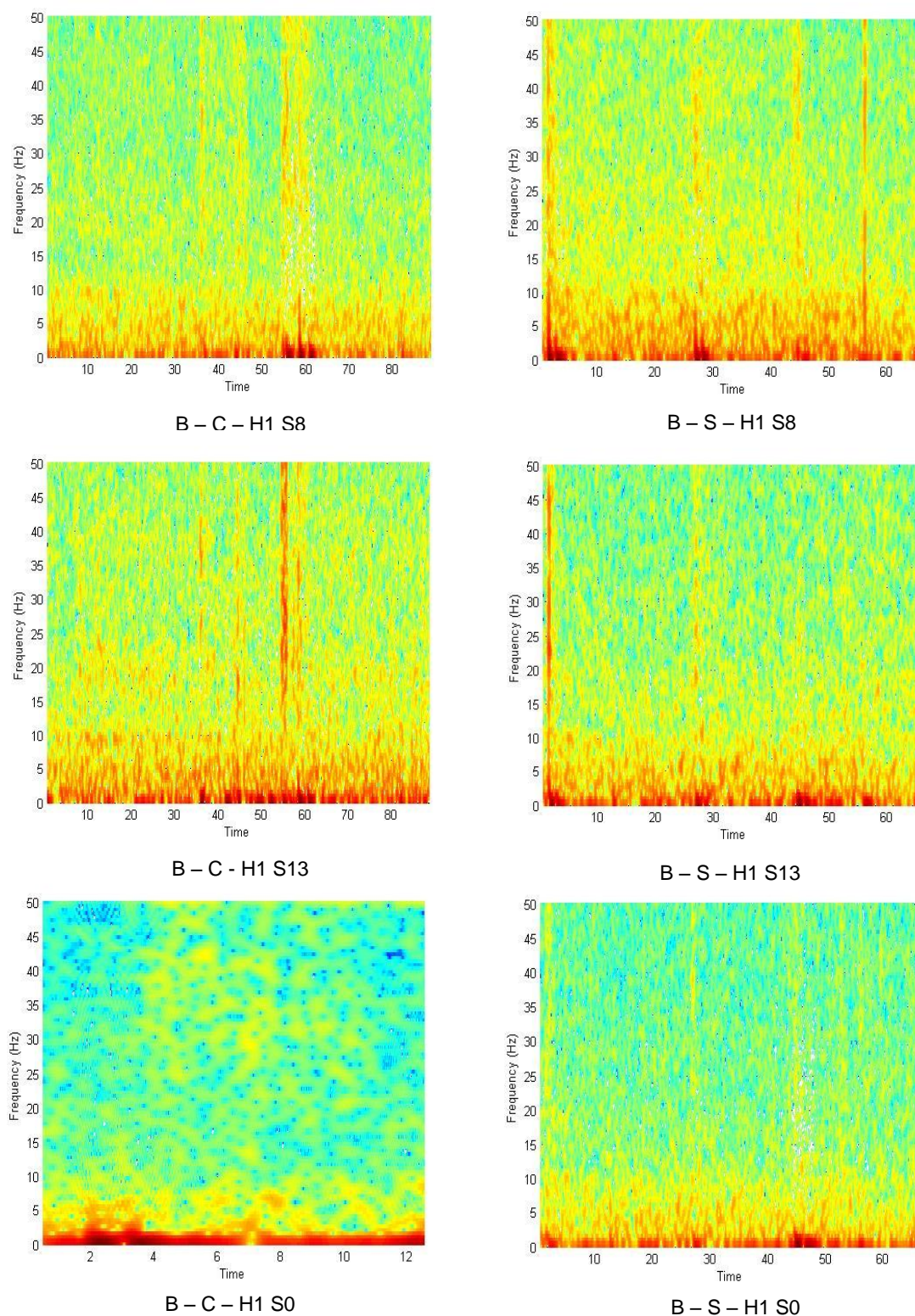


Figura 3.8 - Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S), para o indivíduo A, História 1.

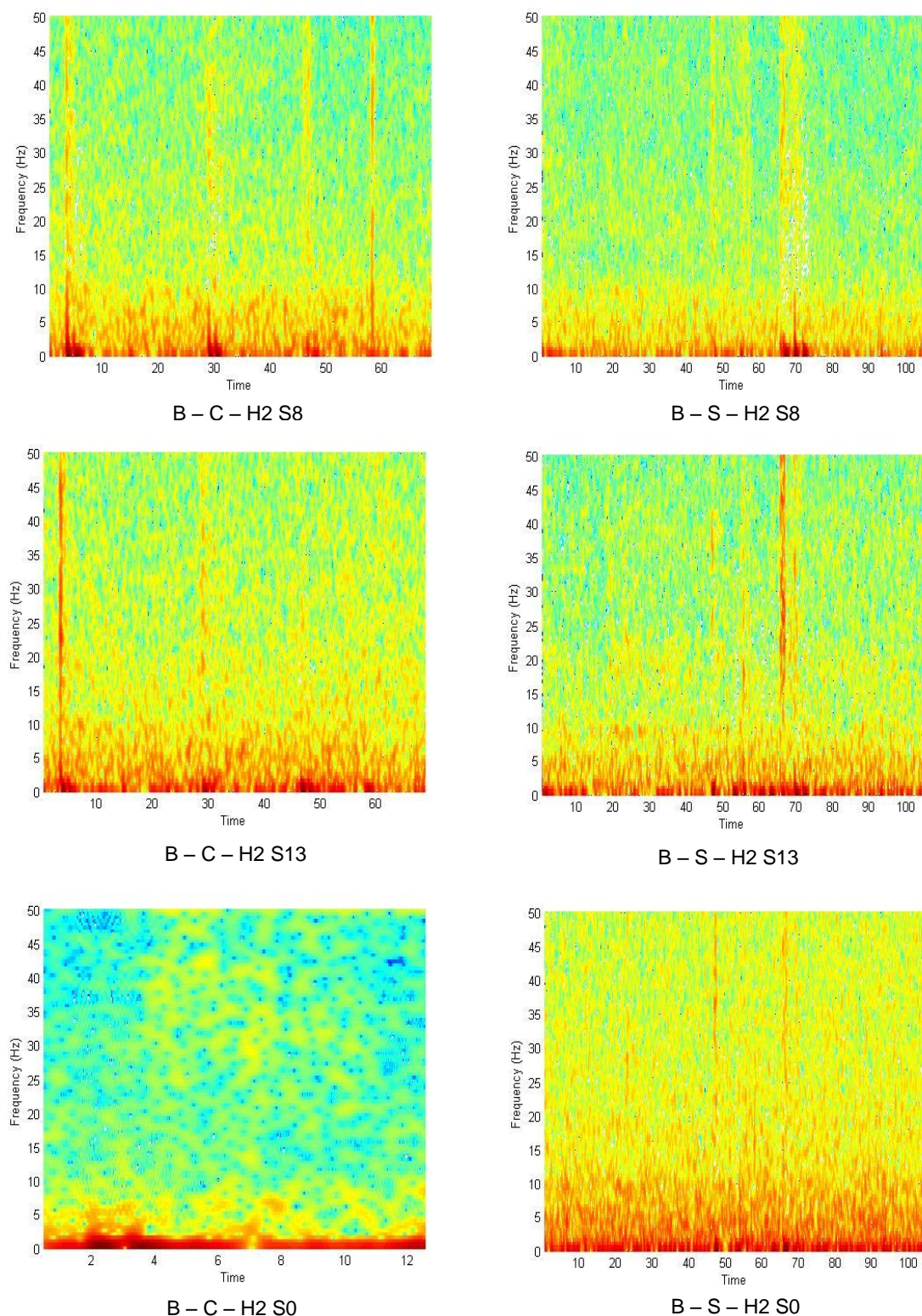


Figura 3.9 - Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S), para o indivíduo A, História 2.

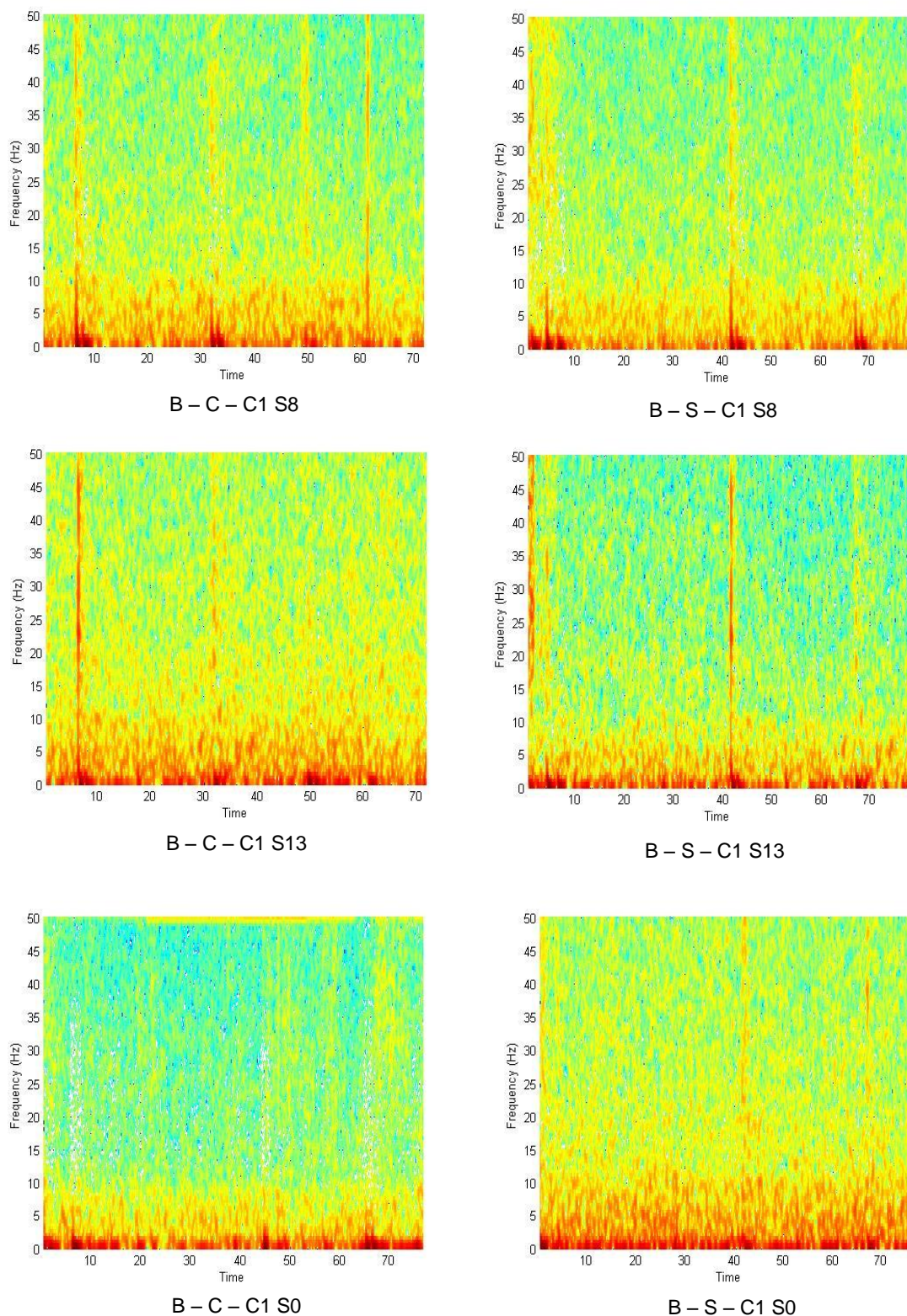


Figura 3.10 - Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o indivíduo A, Cantiga 1.

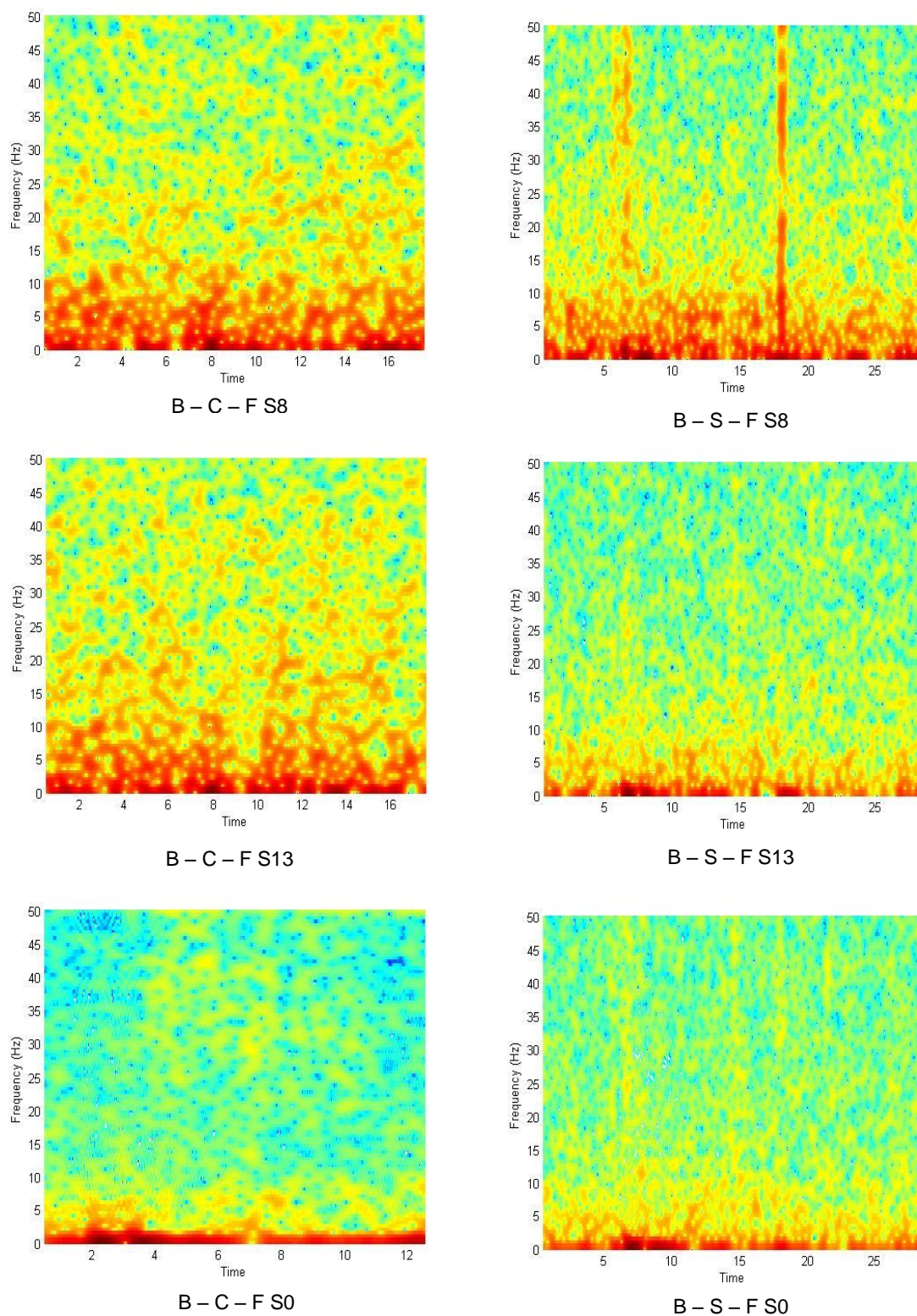


Figura 3.11 - Espectrogramas para os Sinais, S8, S13 e S0 com próteses auditivas (C) e sem próteses auditivas (S) para o indivíduo A, Fala.

A observação destes Espectrogramas mostra claramente que há variação dos sinais com e sem as próteses. À semelhança das interpretações qualitativas anteriores, não nos foi possível encontrar uma relação eficaz dessa variação com as diferentes componentes estudadas. Será mais uma vez necessário perceber se estas diferenças podem ser associadas ao efeito que as próteses possam ter na percepção do estímulo sonoro. Curiosamente observou-se que os Espectrogramas para S0 representam aparentemente uma maior energia quando o Indivíduo A não tem as próteses.

Por fim, relativamente ao estudo realizado com os Indivíduos B e C, a apresentação dos resultados remete-se para o Anexo K. A interpretação dos gráficos resultantes é idêntica à apresentada para o Indivíduo A, ou seja, observam-se diferenças e variações nos Sinais 8 e 13, para as componentes de análise estudadas, mas não é possível estabelecer uma relação, quer entre a variação e a situação estudada (com e sem as próteses), quer entre a variação e a componente de análise respetiva.

PARTE IV

DISCUSSÃO E

CONCLUSÕES

4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O trabalho desenvolvido ao longo desta tese teve sempre presente os resultados da utilização da metodologia de ATS para responder à questão de investigação. Nesse sentido o enquadramento conceitual reflete a ampla revisão bibliográfica realizada, quer sobre a utilização destas metodologias em saúde, quer quanto à validade da utilização do EEG nesta questão, quer quanto aos recursos de saúde disponíveis (de uma forma geral no SNS, e de uma forma mais específica quando se fala na utilização das próteses auditivas na surdez infantil).

4.1.1 Análise SWOT

Como forma de aplicar os potenciais resultados da identificação de instrumentos de avaliação do efeito das próteses auditivas, desenvolveu-se o estudo de caso apresentado nesta tese. Para a discussão destes dois aspetos – ATS e Estudo de Caso – considerou-se importante realizar uma análise SWOT para uma orientação da própria discussão uma vez que esta ferramenta permite identificar pontos positivos e negativos, compreender as oportunidades a partir dos pontos fortes, corrigir os pontos fracos e sugerir outras abordagens estratégicas.

Esta análise SWOT, que se apresenta de seguida, é assim um instrumento de discussão. A tabela 4.1 mostra a síntese das dificuldades encontradas, bem como o reforço da pergunta de investigação inicial. À esquerda encontram-se as Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças e à direita onde as mesmas se refletem.

Tabela 4.1 - Análise SWOT.

	Itens	Justificação
Forças	Equipa multidisciplinar.	Interligação multidisciplinar dos diversos saberes.
	Revisão Bibliográfica, antes de 2011 e até à atualidade.	Bom Instrumento. Com força limitada pois há poucos estudos em próteses+EEG; informação ampla sobre AT, saúde, tecnologias das próteses e EEG.
	Projetos de investigação em curso.	Investigação com foco no consumidor;
	Sinergia entre investigação e indústria.	Capacidade de investimento; melhoria da tecnologia das próteses auditivas.
	Conhecimento em áreas tecnológicas.	Facilidade de execução (prevenção, diagnóstico e re(h)abilitação.
	Potencialidades do EEG.	Existente na maioria das Instituições Hospitalares; pode usar-se a partir do nascimento; não Invasivo; fácil de utilizar; económico.
	RANU.	Permite a identificação precoce; as apostas de habilitação podem iniciar-se mais cedo.
Fraquezas	Crianças que “nunca ouviram”.	Ausência de padrões de comparação; idade reduzida que não permite ter um desenvolvimento da comunicação para expressar as suas queixas.
	Registo Clínico.	Dificuldades na obtenção de dados mais objetivos sobre a história clínica e seguimento de cada criança.
	Ausência de informação epidemiológica.	Ausência de informação epidemiológica (nº de crianças com surdez em Portugal, nº das que são utilizadoras de próteses auditivas e as suas idades).
	Recolha de dados.	Reduzido nº da amostra. Estudo de caso com uma amostra de conveniência.
Oportunidades	Implementação de nova tecnologia.	Usar o EEG; introduzir a metodologia de AT como forma de avaliar o efeito das Próteses Auditivas com implicações na qualidade de vida dos indivíduos, pela seleção e adaptação mais ajustada, sabendo o que e como ouvem.
	Apoio à decisão.	Melhor relação custo/eficácia (próprio/sociedade).
	Introdução de um novo protocolo.	Elaboração de recomendações.

Tabela 4.1 – Continuação.

	Itens	Justificação
Oportunidades	Crescente interesse da indústria.	Sugerir novas áreas de desenvolvimento tecnológico; desenvolver um algoritmo que permita de forma simples, avaliar o mapeamento cerebral, correlacionando-o com o ganho funcional, quantitativo das próteses auditivas; construção de aplicações de alto valor específico da indústria que permitam “correr” o algoritmo compatibilizando-o com outras soluções já existentes
	Aumentar a consciência para o uso das próteses auditivas.	Melhoria da qualidade de vida do indivíduo com deficiência auditiva (benefício para o próprio e para a sociedade).
	RANU.	Permite a intervenção precoce e a seleção e adaptação de tecnologia a usar.
Ameaças	“Não” evolução das próteses*.	Não evoluíram como deveriam ter evoluído; não se desenvolveu tecnologia para a sua avaliação.
	Análise dos Sinais.	Dificuldade na conversão, fragmentação e própria análise dos sinais; não existir tecnologia informática acessível e disponível.
	Impacto tecnológico.	Desenvolvimento subestimado (justificado em *).

Fonte: Elaboração própria (Junho, 2014).

Desta tabela é possível retirar alguns elementos chave. Assim, na identificação dos pontos fortes da investigação, que contribuíram de forma muito positiva para o desenvolvimento do estudo e o alcançar dos objetivos, destacam-se os seguintes:

- A escolha de uma equipa multidisciplinar garantiu à partida a interligação dos conhecimentos de diferentes áreas como a clínica, a reabilitação auditiva, a tecnologia, a ciência e a gestão de recursos em saúde. Este item interliga-se diretamente com as sinergias entre a investigação e indústria, quer na capacidade para definir novos investimentos utilizando tecnologias que possam estar mais adaptadas aos casos clínicos (como próteses auditivas inovadoras), quer na escolha de instrumentos já em uso mas com aplicações diferentes (como é o caso da escolha do EEG);
- A revisão bibliográfica acabou por se mostrar um instrumento poderoso na identificação do estado da arte quanto aos vários subtemas abordados, mas também no conhecimento da atualidade do Serviço Nacional de Saúde, permitindo identificar diversos caminhos e

estratégias, que conjugados, demonstraram a importância da utilização da metodologia de ATS;

- A inovação que se pode considerar na escolha do tema e desenvolvimento da investigação – aplicação de uma metodologia de apoio à tomada de decisão mas direcionada para um tema restrito na área da saúde (próteses auditivas em crianças com surdez congénita: se permitem ouvir, o que e como) – direciona este estudo para uma aplicabilidade final quer no consumidor, quer nos fabricantes de próteses auditivas, quer ainda nos gestores responsáveis por este tipo de decisões na saúde.

Quanto aos pontos fracos realça-se, como contributo menos positivo, ainda que tenham potencial de identificar novas oportunidades de intervenção e mudança, a dificuldade de informação sobre alguns pontos-chave:

- Relativamente às crianças que “nunca ouviram”, a informação é muito reduzida sobre como funciona o cérebro na comunicação auditiva, não havendo termos de comparação que garantam que a reabilitação é a mais adequada, ou se é possível personalizar a adaptação protética caso a caso;
- Quanto aos dados que pudessem suportar as necessidades de definir novas estratégias em saúde, embora de acordo com a literatura fosse previsível existirem em número suficiente, na realidade há falhas complexas, quer no registo clínico, quer na informação epidemiológica nacional, quer ainda quanto ao grau de satisfação dos utilizadores. Ou seja, não existem dados disponíveis sobre o número de crianças com surdez, com próteses auditivas, sobre as idades de adaptação protética, sobre o efeito da adaptação no desenvolvimento da criança, entre outros, constituindo elementos em que é importante intervir.

Por fim, nesta Análise SWOT pode-se ainda realçar a oportunidade de elaboração de recomendações ao nível assistencial (na área clínica e de reabilitação) e ao nível estratégico, no plano da saúde, dando novas oportunidades de utilização do RANU no apoio à decisão na intervenção precoce, criando um espaço inicial onde se possa avaliar o efeito da prótese auditiva desde o primeiro momento, com instrumentos acessíveis como o EEG, e os algoritmos necessários para a interpretação dos seus sinais.

Relativamente à utilização do EEG como instrumento capaz de avaliar o efeito das próteses auditivas, através da variação da atividade cerebral, a análise dos sinais obtidos mostrou a ocorrência de variações entre os sinais quando as próteses estão ou não ligadas. A interpretação dessa variação utilizando instrumentos matemáticos/estatísticos aparentemente adequados a este estudo, levou à elaboração de gráficos de diversos tipos – Tempo – Frequência – Espectros e Espectrogramas – por estarem referenciados na literatura como representações da atividade cerebral. O recurso ao *software* específico (MATLAB) e algoritmos para a análise do sinal, apenas permitiu identificar a variação, não sendo uma análise linear como se esperava, não permitindo concluir sobre as questões iniciais – se ouve, o que ouve e como ouve.

4.1.2 Utilização do EEG no Estudo da Surdez

Como forma de complementar esta discussão optou-se por realizar novas pesquisas bibliográficas e de grupos de discussão sobre a utilização do EEG na surdez. O resultado foi interessante e mostra que a linha de investigação aqui seguida é reprodutível e tem merecido a atenção crescente por parte de investigadores e de fabricantes de próteses. Foi igualmente interessante verificar que desde o início da investigação quando se procedeu à análise de rede (Anexo A) o panorama das publicações modificou-se sobretudo no último semestre de 2014, onde o número de publicações é substancialmente diferente.

Nos parágrafos que se seguem descreve-se resumidamente estudos muito recentes que permitem clarificar alguns dos aspetos da utilização do EEG, interpretar os sinais obtidos e sugerir algumas estratégias de abordagem das próteses auditivas.

Em 2013, Kelly Tremblay, Professora na University of Washington in Seattle, WA, Audiologista, doutorada em neurociência, acerca de *Hearing Aids – The Brain Connection*, nos seus estudos pretendeu aplicar a teoria desta ciência às questões clínicas, desenvolvendo novas abordagens para a reabilitação auditiva, nomeadamente os efeitos da idade (envelhecimento), e da reabilitação, no “cérebro”. Nas suas investigações olha para este órgão procurando responder a questões tão importantes como: os efeitos da amplificação, e se as medições cerebrais devem ou não ser utilizadas para a avaliação clínica do desempenho das próteses auditivas. Alguns dos seus estudos incidem sobre as próteses auditivas e a sua conexão ao cérebro, tendo como base a primeira abordagem da reabilitação centrada na melhoria da audibilidade, não se sabendo, no entanto, o que o indivíduo faz com o som. Para a investigadora se pensarmos no cérebro como uma Unidade de Processamento Central (UPC) que controla o que fazemos com o som, é igualmente importante estudar o que é que o cérebro faz com o som amplificado. A UPC pode ajudar-nos a perceber porque é que determinado indivíduo está muito bem com as suas próteses auditivas e outro indivíduo não.

Para Tremblay há várias formas de medir a atividade cerebral (fMRI, PET, MEG e EEG), embora nem todas possam ser utilizadas enquanto o indivíduo está a usar as próteses auditivas, e frequentemente apenas algumas estão disponíveis nos centros de reabilitação auditiva; todavia, considera o EEG versátil e clinicamente útil (Tremblay, 2006).

No seu estudo com Kalstein, Billings e Souza usaram Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC) para estudar o cérebro, tendo descoberto que se pode gravar de forma confiável os potenciais evocados auditivos corticais, como o P1-N1-P2, enquanto as pessoas estão a usar as próteses auditivas (Tremblay, Kalstein, Billings & Souza, 2006).

Tremblay e colaboradores descobriram que diferentes sons da fala evocam diferentes padrões de deteção neurais (Tremblay, Billings, Frisen & Souza, 2006). Ficaram, no entanto, desconcertados por constatarem que a gravação e interpretação dos potenciais evocados enquanto o indivíduo está a

usar as próteses auditivas mostra a introdução de variáveis que os fazem desviar dos potenciais evocados típicos da literatura.

Os investigadores usaram os PEAC em combinação com as próteses auditivas para estudar os seus efeitos de amplificação no cérebro, como forma de experiência ou de estimulação relacionada com a plasticidade, onde pretenderam perceber: a) se o cérebro mudou dentro de um determinado período de tempo após a amplificação nalguns indivíduos e noutros não; b) se o treino auditivo mudou a forma como certos tipos de sons foram representados no sistema auditivo central, e se essa mudança pode ajudar a explicar porquê e como o cérebro de alguns indivíduos respondem à reabilitação; c) se pode aplicar-se as medições cerebrais durante a adaptação protética, em populações em que a adaptação é difícil, como nos bebés (os métodos disponíveis, como os do *real ear analyzer* e o teste de reconhecimento de fala, comumente empregado para verificar e validar a intervenção das próteses auditivas numa população mais velha, são limitados na sua capacidade de medir de forma significativa os efeitos da amplificação, nalguns não vai para além da membrana timpânica).

Relativamente à re(h)abilitação protética de bebés alguns cientistas argumentam que as medidas comportamentais são a chave de ouro para a seleção e adaptação da prótese auditiva. Outros especialistas da fala que medem o desenvolvimento da linguagem em crianças são frequentemente citados como exemplos do que pode ser feito com bebés. Com estas ideias, faz sentido, adicionar medições da atividade cerebral sinalizando a deteção neural do som num nível de intensidade amplificado específico, o que poderá ser útil para os clínicos pediátricos na definição de níveis de ganho. Neste ponto Tremblay considera que se estão a fazer progressos, havendo ainda espaço para debate. Considera que as medições cerebrais fornecem informações importantes que irão influenciar a reabilitação no futuro, mas não pensa que estejam já prontas para serem utilizados na clínica para fins de avaliação ou de resultados, nem que as mesmas substituam as medidas comportamentais ou eletroacústicas comumente utilizadas na adaptação protética, mas sim, que todas estas ferramentas em conjunto podem fornecer informações complementares.

Tremblay ao citar Munro, Purdy, Ahmen, Begum e Dillon (2011) concluiu sobre os manuscritos publicados que apesar do entusiasmo por essa direção de pesquisa, e pela existência de sistemas disponíveis comercializados para testar potenciais evocados enquanto as pessoas estão a usar as próteses auditivas. Não é ainda oportuno recomendar as medições cerebrais para serem usadas na clínica com a finalidade de adaptação das próteses por falta de informações suficientes, nomeadamente sobre o conhecimento acerca de como as pessoas estão a fazer uso do som amplificado.

A mesma autora ao citar Wild et al. (2012) descreveu outras metodologias, entre as quais a de investigadores da Queen's University do Canadá, que usam a fMRI para estudar como o cérebro processa o discurso distorcido. E também Koelewijn et al. (2012) com os seus estudos de Pupílo-metria, que envolvem as medidas da dilatação da pupila (inervada pelo cérebro) durante diferentes situações de escuta, podendo estas últimas ser efetuadas pelo clínico durante a adaptação

protética. Contudo, não está estabelecida até ao momento a capacidade de medir de forma fiável essas respostas das diversas tecnologias das próteses auditivas e nos diversos tipos de hipoacusia.

Ainda quanto a outras medições cerebrais possíveis de efetuar durante a avaliação e a adaptação protética, Tremblay cita o estudo de Gorga, Beauchaine e Reiland (1987) e referiu que as respostas evocadas auditivas ao click foram usadas há muito tempo para estimar os limiares com e sem a prótese auditiva, mas não tiveram sucesso porque o sinal de curta duração, presumivelmente, interagiu com o circuito da prótese auditiva de uma forma que introduziu artefactos. No entanto, os estímulos de maior duração já estão a ser utilizados para medir a atividade do tronco cerebral. A título de exemplo, Tremblay cita Anderson e Kraus (2012) que referiram os estudos de caso para mostrar que os potenciais evocados auditivos do tronco cerebral (PEATC) cujo estímulo utilizado é um discurso complexo podem ser evocados quando os estímulos são apresentados através de uma prótese auditiva. Segundo Tremblay que cita Billings, Tremblay, Stecker e Tolin (2009), e Billings, Tremblay e Miller (2011) uma vantagem desta técnica é que pode ser usada para medir as alterações longitudinais em certos componentes de sinais da voz ao longo do tempo, e pode ser menos sensível à relação Sinal/Ruído (S/R), questões que são problemáticas quando se efetuam potenciais evocados auditivos corticais. Por outro lado não se sabe ainda como a prótese auditiva influencia o processamento de sinal deste tipo de PEAC.

Tremblay cita também diversos estudos, entre os quais os de Jeanstad, Marynewich e Stappells (2012) onde apesar dos autores terem concluído que as próteses auditivas digitais alteram o tempo de subida dos estímulos, o que também afeta as respostas do cérebro. Existem, no entanto, questões não resolvidas que fazem com que não se possa afirmar perentoriamente que os PEAC não devem ser usados para estimar os limiares com a prótese auditiva.

Quando confrontada sobre os progressos nesta área que ainda carecem de *guidelines* consistentes para o clínico, Tremblay mostra-se otimista e reforça que é interessante olhar para as medições da atividade cerebral como uma fonte potencial de novas informações, todavia, como em qualquer outra área de pesquisa há limites, na neurociência também.

A investigadora salientou a existência de várias maneiras de poder medir a atividade cerebral estando a informação que obtemos dependente da ferramenta que é usada. Contudo, não se deve deitar fora as ferramentas já existentes na esperança de que a neurociência resolva tudo. Tome-se os PEAC, por exemplo. Embora a presença de uma resposta P1-N1-P2 sugira a deteção neural do som ao nível do córtex, tal não nos diz nada sobre a integridade do cérebro como um todo ou sobre a capacidade de fazer uso destas informações. Além disso, como se sabe, quando as respostas cerebrais estão ausentes ou insensíveis a um som particular, não significa necessariamente que haja processamento neural defeituoso. Isso pode significar que a interação entre a tecnologia das próteses auditivas e as técnicas de gravação do cérebro estão a confundir as medições do cérebro.

Para Tremblay as respostas do cérebro podem fornecer informações, ressalvando que isso não significa que uma única resposta do cérebro possa prever o sucesso da reabilitação protética. As

contribuições da tecnologia das próteses auditivas, o estado cognitivo, o esforço para ouvir, e a capacidade de ignorar estímulos irrelevantes, irá ajudar também a informar os clínicos sobre como os pacientes estão a usar informações fornecidas pelas suas próteses auditivas.

À medida que a tecnologia das próteses auditivas se vai tornando cada vez mais complexa, torna-se mais difícil determinar as suas características ideais para um indivíduo específico. O processamento de sinal provoca alterações complexas nas características temporais e espectrais do sinal da voz amplificado. Quando o utilizador das próteses auditivas não obtém melhor reconhecimento da fala ou este não é suficiente, as técnicas atuais para validar o seu desempenho não explicam necessariamente as razões para o mau desempenho no reconhecimento da voz. É legítimo perguntar se o problema poderá igualmente dever-se a alterações introduzidas no discurso pela prótese auditiva, no sistema auditivo ou no processamento (no cérebro)?

Souza e Tremblay estudaram a interação entre o sinal, a prótese auditiva e o seu utilizador tendo identificado e descrito métodos que podem ser usados para documentar o seu efeito no sinal da fala e no efeito combinado com o efeito do sistema auditivo sobre o sinal que chega ao cérebro. Nestes estudos participaram na equipa de investigação membros da University of Washington. Pretenderam determinar se as técnicas de medição usadas na investigação poderiam transferir-se para a prática clínica. Consideraram para as medidas a utilizar o efeito da profundidade de inserção da sonda no ouvido nas medidas do discurso amplificado no *Real-Ear-To-Coupler Difference – RECD*, e se também os potenciais evocados auditivos corticais poderiam ser usados para monitorizar a eficácia da amplificação. Estes estudos forneceram às autoras uma visão emocionante de técnicas de avaliação que pensam poder um dia vir a fazer parte do protocolo para a adaptação e avaliação das próteses auditivas.

4.2 RESULTADOS VS OBJETIVOS PROPOSTOS

Tal como referido na secção anterior, esta tese propôs-se contribuir para a criação de um protocolo capaz de validar o EEG na avaliação do efeito das próteses auditivas com capacidade para apoiar o clínico na seleção e adaptação destes equipamentos.

O principal resultado encontrado foi que o EEG deteta a variação da atividade cerebral, também nestas circunstâncias – O uso de próteses auditivas e resposta cerebral ao estímulo sonoro quando estão ligadas e desligadas. O desafio de encontrar formas acessíveis de interpretar essa variação em prol da avaliação do efeito das próteses auditivas, não ficou concluído. Da perceção da investigadora, e reforçado pelos diversos autores referidos atrás, a interpretação dos sinais de EEG está obrigatoriamente “contaminada” por todos os estímulos sensoriais a que o indivíduo em estudo está sujeito no momento, e que o cérebro tem que processar como um todo. Ou seja, a separação dos sinais correspondentes apenas à resposta ao estímulo auditivo não se mostrou linear, como se pensava ao associar certos elétrodos ao potencial do mapeamento do estímulo cerebral.

Vários estudos apresentados nesta tese, entre os quais o de Sharma (2015) que pretendeu através do EEG perceber como os cérebros de adultos e crianças com surdez e perda auditiva moderada respondem a um estímulo sonoro, quando comparados com a resposta de indivíduos sem deficiência auditiva. E um outro estudo de Brogaard e Gatzia (2015) onde os investigadores aplicaram igualmente os princípios fundamentais da plasticidade para através do EEG responder à questão *“Is the auditory system cognitively penetrable?”* Deixam já diversas pistas de continuidade, reforçando que a abordagem seguida não foi tempo perdido nem investigação inutilizada.

O estudo da variação do sinal elétrico cerebral quando o indivíduo é submetido a estímulos sonoros continua a ser um desafio quanto à procura de tecnologia adequada à sua visualização. A necessidade de efetuar esse estudo em indivíduos portadores de próteses auditivas direcionou o estudo aqui apresentado para a escolha de tecnologia não invasiva para o indivíduo e de menor interferência nas próteses auditivas.

A utilização de uma metodologia de ATS resultou numa pesquisa realmente ampla e diversificada, onde apesar de inicialmente a informação disponível ser escassa, em particular quando se utilizavam as palavras-chave deste projeto, foi possível identificar todos os aspectos necessários à tomada de decisão no que respeita à surdez infantil, o que poderá permitir construir alguns indicadores de saúde e apoiar eventualmente decisões estratégicas, quer pontuais (restritas ao acompanhamento individual da criança) quer genéricas (no sentido das apostas da saúde quanto à abordagem inicial e continuada da surdez infantil). Destacam-se assim, os seguintes aspetos:

- A importância da audição no desenvolvimento infantil obriga claramente a que a reabilitação auditiva seja iniciada o mais precocemente possível. Esta decisão é atualmente tomada logo ao nascimento, através do RANU que permite identificar as situações de surdez congénita e iniciar o processo de pesquisa e diagnóstico;
- A utilização de próteses auditivas é o primeiro passo na reabilitação, ainda antes da decisão sobre o passo seguinte, que poderá ser eventualmente o implante coclear ou algum tipo de prótese auditiva mais adequada à patologia. Esta decisão prende-se com a importância de estimular o cérebro auditivamente desde muito cedo, aproveitando as “janelas de oportunidade” do desenvolvimento do cérebro e do sistema nervoso;
- A escolha das próteses pode ser melhorada, em particular na adaptação destes equipamentos às necessidades da criança, procurando acompanhar o desenvolvimento infantil (em especial o desenvolvimento cognitivo, comportamental e da criação de relações interpessoais e ambientais). A utilização de uma tecnologia que permita perceber o que se ouve, quando se ouve e como se ouve poderá trazer um impulso positivo neste campo;
- O EEG, apesar de bom candidato, tem uma interpretação complexa e qualitativa (por enquanto) do sinal cerebral, o que limita a sua utilização neste contexto. É, no entanto, merecedor de uma grande atenção, sendo a proposta atual, deste estudo e de todos os estudos aqui referidos, que a análise do sinal de EEG possa ser estudado de forma mais

consistente e multidisciplinarmente, optando-se por EEG quantitativos e tecnologias de EEG que permitam discriminar melhor os sinais cerebrais, bem como a criação de algoritmos matemáticos e *softwares* próprios associados ao equipamento de EEG, discriminando os sinais elétricos resultantes;

- Por sua vez, as próteses auditivas beneficiariam se utilizassem tecnologia e materiais diferentes, que permitissem a utilização de outros equipamentos de visualização da resposta cerebral aos estímulos sonoros, como a ressonância magnética.

4.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.3.1 Onde Estamos?

No tempo presente alguns indivíduos procuram o melhoramento físico e cognitivo dos humanos por meio das novas tecnologias, defendendo que a forma atual do ser humano não representa o fim do seu desenvolvimento, e tal como se usam métodos racionais para melhorar as condições sociais e o mundo exterior, podem usar-se novas tecnologias para melhorar e superar as limitações intelectuais, físicas, psicológicas e consequentemente a condição humana. Para isso incentivam o uso da ciência e da tecnologia, em particular da biotecnologia, neuro tecnologia e nanotecnologia.

À parte a filosofia anterior, na tentativa de minimizar a deficiência auditiva no indivíduo e na sociedade a investigação tem revelado grandes avanços, no diagnóstico que deverá ser precoce para que se possa intervir o mais cedo possível, no processo de habilitação ou de reabilitação e na terapêutica. Na criança com surdez congénita com perda neurosensorial profunda bilateral o implante coclear ou ouvido biônico quando implantado precocemente vai otimizar a função do nervo auditivo e das vias auditivas centrais, podendo evitar a degeneração do mesmo por falta de uso, atendendo a que a lesão coclear não permite ao som alcançar o nervo e percorrer as vias auditivas.

Nos últimos anos surgiram algumas novidades em próteses implantáveis no ouvido médio (região do tímpano e ossículos) para beneficiar alguns tipos de surdez de percepção. A diferença do sistema de implante do ouvido médio para o coclear é que, no IC o som é convertido em energia elétrica que estimula o cérebro, e o IOM transforma o som em ondas que vibram para dentro do corpo, amplificando os sons captados pela prótese.

Tal como Leonardo da Vinci fascinado por modelos animais que usava nas suas invenções, também na atualidade vários investigadores orientam a sua pesquisa baseada em modelos animais na procura do desenvolvimento de tecnologia para o aperfeiçoamento das próteses auditivas de modo a melhor se aproximarem do ouvido humano.

Mandal, Zhak e Sarpeshkar, investigadores do Massachusetts Institute of Technology – MIT, baseados na versatilidade do ouvido humano construíram uma cóclea artificial que permite amplificar

a variedade dos sons captados para uma faixa de 1 milhão de Hz. Um dos investigadores refere “Alguém que trabalha com rádio nunca iria pensar nisso, e alguém que trabalha com a audição também não, mas quando ambos se juntam, cada um oferece os seus conhecimentos” (Mandal, Zhak & Sarpeshkar, 2009).

Apesar dos grandes avanços da medicina no que respeita ao diagnóstico e à terapêutica, relativamente à surdez neurosensorial ainda não existe qualquer tratamento médico ou cirúrgico privilegiado. Exceto em algumas causas de surdez como: surdez súbita, surdez autoimune e doença de Ménière, pode prescrever-se tratamento medicamentoso, no entanto, a sua eficiência é deveras variável. A utilização das próteses auditivas e dos implantes é o mais indicado para otimizar as reservas auditivas ajudando as estruturas anómalas. Sendo as primeiras, as próteses eletroacústicas convencionais as mais comumente utilizadas no tratamento da surdez.

4.3.1.1 Intervenção Precoce

A realização do RANU referido anteriormente é nos dias de hoje, uma prática cada vez mais adotada nos países desenvolvidos. As recomendações surgem como consequência direta do progresso científico, médico e tecnológico e da consciência global de que a intervenção precoce na audição, em particular nas crianças com surdez congénita é fundamental para o bom desenvolvimento da criança, futuro adulto e cidadão.

Nos primeiros anos de vida são necessários *inputs* sonoros para que o sistema auditivo central se desenvolva e não ocorram mudanças cerebrais irreversíveis. Segundo Ponton e Eggermont (2001) e Sharma, Dorman e Spahr (2002) citados por Peters (2006) esta janela de oportunidade é conhecida como o período “crítico” ou “sensível” e parece ser máxima nos primeiros 3,5 anos de vida, permanecendo aberta em alguns indivíduos (mas não em todos) até aos 7 anos e encerrando completamente aos 12 anos. Segundo Peters qualquer ano de oportunidade no período crítico que se perca, dificilmente se poderá recuperar, estando as crianças a receber o seu primeiro implante aos 12 meses de idade na expectativa de se obterem excelentes resultados na fala e na linguagem. Ainda segundo Peters e colaboradores (2005) a idade em que a criança recebe o segundo implante e a vontade desta em usá-lo tem um efeito significativo no benefício.

No mesmo documento Peters referindo-se a Sharma, Dorman e Spahr (2002) e Miyamoto et al. (1994) afirmou que sabe-se que quanto mais cedo as crianças receberem o seu primeiro implante, tanto melhor é a sua audição e os resultados na fala. Quando se referiu a Manrique, Cervera-Paz, Huarte e Molina (2004) e a Fryauf-Bertschy, Tyler, Kelsay, Gantz e Woodworth (1997) afirmou que as crianças que não receberam o seu primeiro implante antes dos 6 anos de idade as suas habilidades de comunicação são significativamente mais pobres do que as dos seus pares que o receberam.

4.3.1.2 Ouvir, Hoje em Dia

Nos dias de hoje a coordenação da informação acerca das necessidades específicas, preferências individuais e condição auditiva do indivíduo com a tecnologia mais avançada das próteses auditivas, pode permitir a adaptação otimizando a qualidade sonora nas diversas situações de escuta e ajustando-se segundo as diversas circunstâncias.

Os desenvolvimentos tecnológicos contam entre si com o sistema de microfone adaptável mais sensível consoante a direção do sinal permite a audição da fala quer esta se apresente de trás, da frente, da esquerda ou da direita do indivíduo ajudando-o a localizar a sua proveniência. O extensor de audibilidade transfere sons para o alcance de audição do indivíduo permitindo a audição em hipoacusias de sons agudos. O otimizador do sinal da fala faz a destrição entre esta e o ruído e reduz este último, dando à fala maior clareza. O sistema multidirecional de cancelamento de feedback minimiza a realimentação acústica diminuindo o desconforto. Também sistemas de compressão mais evoluídos permitem que os sons fracos sejam audíveis mantendo-se suaves, que a fala em tom normal seja perceptível e que os sons fortes sejam ouvidos de forma confortável, atuando estes sistemas de forma mais suave e rápida possível na transição dos diversos ambientes sonoros.

Ainda, determinados equipamentos podem apresentar programas de relaxamento e de sons com o objetivo de tornar menos tensa a sua utilização. Podem apresentar também mensagens faladas que transmitem informações sobre as funções do equipamento permitindo com maior facilidade o ajuste de programas entre outros.

Em caso de adaptação binaural, a tecnologia mais avançada já permite, sem fios (sem existência de eco) a coordenação, sincronização e comunicação entre as duas próteses auditivas de forma instantânea e constante, facultando ao indivíduo uma qualidade sonora natural, e portando benefício a indivíduos com hipoacusia profunda.

A tecnologia anterior permite a escuta de telemóveis e telefones fixos, sem ruído de fundo, em ambas as próteses auditivas. A capa do microfone com nano-revestimento permite a redução do ruído do vento substancialmente face às próteses auditivas tradicionais. Esta tecnologia avançada apresenta uma eficiência energética altamente elevada o que permite um consumo mínimo de energia (pilha). O amplificador de sinal de saída foi também desenvolvido com o objetivo de aumentar o mesmo sinal.

É importante referir que as crianças para obterem o mesmo nível de compreensão necessitam de maiores níveis de estimulação e de relação sinal/ruído que os adultos; assim a tecnologia tem-se desenvolvido com o objetivo de aumentar a audibilidade, permitindo logo nos bebés a exposição a sons em todos os níveis de entrada em todo o espectro de frequência, alargando a saída de alta frequência para além dos 10 KHz, o que não acontecia anteriormente, e que se traduz numa melhor qualidade sonora e maior acessibilidade ao desenvolvimento da fala e da linguagem pela apresentação de mais estímulos nas frequências mais altas.

4.3.1.3 Progresso do Conhecimento – Investigação Básica, Modelos Animais e Tecnologia da Audição

Richard Feynman um dos maiores físicos do século XX, em 1959 sugeriu que num futuro não muito longe os engenheiros poderiam pegar em átomos e coloca-los onde quisessem, desde que não violassem as leis da natureza, podendo assim, criar materiais com propriedades completamente novas, fazendo com que os materiais da natureza não fossem então os únicos possíveis no universo.

E assim é, atualmente através do conhecimento e da tecnologia o homem consegue já a manipulação direta dos átomos e a partir deles a construção de novos materiais.

Pelo interesse que estes campos despertam, interligando os conhecimentos biológicos e tecnológicos, remete-se para o anexo L uma pequena revisão sobre o tema, de que se destacam alguns itens.

Na Universidade de Bristol uma equipa de cientistas tem vindo a estudar a resposta dos tímpanos de insetos como gafanhotos e mosquitos a diferentes ruídos. Os resultados destes estudos, juntamente com a introdução da nanotecnologia, são um contributo no desenvolvimento de microfones capazes de detetar ruídos tais que instrumentos desenvolvidos e o ouvido humano são incapazes de detetar (Biotechnology and Biological Sciences Research Council, 2006).

Utilizando nano partículas de ouro e feixes de laser, cientistas da Universidade de Munique desenvolveram o nano-ouvido que é um milhão de vezes mais sensível que o ouvido humano e cuja deteção de sons inaudíveis pelo mesmo poderá ser usado para captação de ondas sonoras emitidas por bactérias, vírus e outros microrganismos (Feldman, Lutich, & Ohlinger, 2012).

Outros cientistas norte americanos descobriram “nano-motores flexo elétricos” (convertem a energia elétrica em energia mecânica, função de qualquer motor elétrico) no ouvido interno humano que lhe permite detetar uma faixa de sons entre os 100 e os 20000 Hz. (Breneman, Brownell, & Rabbitt, 2009).

Também os engenheiros do MIT, inspirados no ouvido humano, imitaram o funcionamento da cóclea e tornaram possível a construção de um super rádio, ou cóclea artificial de radiofrequência, num *chip*, capaz de amplificar uma variedade de sinais captados por uma faixa de um milhão de Hz (Mandal, Zhak & Sarpeshkar, 2009).

A utilização de modelos animais para perceber o funcionamento dos órgãos e sistemas dos seres vivos, encontrando pistas que permitam compreender as doenças e melhorar a qualidade de vida dos seres humanos é uma outra área da ciência.

A observação dos cientistas Feng e colaboradores da Universidade de Illinois dos sapos “*Torrent*” chineses, *Staurois guttatus*, fez com que verificassem que eles têm a capacidade de discernir a chamada de um outro sapo num ambiente tão ruidoso, comunicando entre si de forma clara. A

relação do ruído utilizada atualmente nas próteses auditivas que separam espacialmente os sons funciona de forma semelhante ao sistema auditivo destes sapos cujo processamento do som se faz do mesmo modo que o cérebro humano (Feng et al., 2006).

Ainda copiando o modelo animal, Catharine Paddock na sua recente publicação sobre *Medical Innovation* descreve como engenheiros do Cockrell School of Engineering na Universidade do Texas em Austin encontraram uma maneira de imitar a super audição da mosca *Ormia ochracea* num pequeno dispositivo que não requer uma pilha volumosa. O novo dispositivo ajuda a melhorar a tecnologia dos microfones “inteligentes” para selecionar somente aqueles sons ou conversas que o utilizador quer ouvir.

Baseado no modelo anterior, Neal Hall e a sua equipe de estudantes de pós-graduação inspiraram-se no mecanismo de audição do inseto *Ormia ochracea* para construir dispositivos que imitassem e superaudição deste inseto, utilizando materiais piezoelétricos que convertem a pressão mecânica em sinais elétricos e permitem que o dispositivo funcione com muito pouca energia. O desenho do dispositivo que pode ser usado para construir uma nova classe de aparelhos auditivos hipersensíveis pode observar-se na figura 4.1.

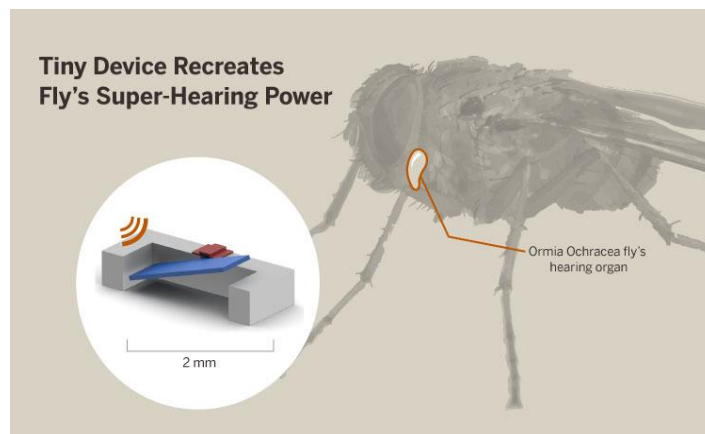


Figura 4.1 - Pequeno dispositivo, de baixa potência que imita o mecanismo da audição super evoluído de uma mosca.

Fonte: The University of Texas at Austin (2014).

Esta tecnologia do aparelho auditivo pode também ser transportada para um novo nível. O dispositivo pode ser útil em aplicações militares e de defesa, por exemplo, em ambientes escuros onde as pistas visuais estão ausentes. O estudo teve ajuda no seu financiamento dos fundos da Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA – (Paddock, 2014).

Paddock refere ainda que em Fevereiro de 2014 a *Medical News Today* relatou como investigadores desenvolveram um *chip* de baixo consumo de energia que oferece a perspectiva de implantes cocleares sem *hardware* externo.

Uma vez que o ser humano perde a capacidade de ouvir, a audição raramente retorna, o que não acontece noutras espécies como os pássaros, os répteis, os peixes e os anfíbios que quando perdem a audição são capazes de regenerar as células ciliadas e conseguir a sua recuperação. Porém, foi já sinalizado um dos genes que irá levar à regeneração dessas células, o FGF20. O foco central dos estudos desta temática é perceber quais os genes necessários para essa regeneração. Quando isso acontecer poderá perceber-se como o ser humano perdeu a habilidade de regeneração dessas células (Lush and Piotrowski, 2014).

Uma nova forma de terapia genética experimental está a ser usada por investigadores da Universidade da Virgínia que estão a trabalhar na cura da perda auditiva, e uma equipa de investigadores da Universidade de Sheffield conseguiu restaurar parcialmente a audição de gerbos (tipo de roedor que possui uma faixa de audição equiparada à dos seres humanos) com injeções criadas a partir de células estaminais humanas. Os cientistas utilizaram estas células embrionárias no tratamento de uma forma comum de perda auditiva, responsável por aproximadamente 15% dos casos de perda de audição, a neuropatia auditiva, que se revela como um problema na conexão entre as células auditivas e o cérebro, que pode ser congénita ou adquirida por fatores ambientais. Os animais surdos utilizados no estudo, que foram transplantados com células estaminais embrionárias humanas nas quatro semanas seguintes ao transplante apresentaram uma recuperação de 46% da audição. Os resultados preliminares destes e doutros estudos oferecem esperança para o futuro das pessoas com deficiência auditiva (Claridge, 2012).

Assim, para além dos avanços tecnológicos, a preocupação atual prende-se com a continuação dos progressos que levem à compreensão dos processos genéticos, moleculares, celulares que estão subjacentes à surdez, e na aplicação dos novos conhecimentos na proliferação de células estaminais, na medicina regenerativa, na bioengenharia, na nanotecnologia e noutras áreas que levem à restauração da audição.

4.3.2 Para Onde Caminhamos?

Não se consegue saber de onde surgirá a resposta. Assim, todas as investigações serão promissoras até uma ou diversas abordagens mostrarem a solução ou soluções para o restabelecimento da audição. É necessário, a investigação prosseguir por diferentes caminhos porque os resultados numa determinada área podem estar relacionados com uma investigação aparentemente não relacionada.

Algo que abre “a porta” do cérebro e que poderá ajudar a perceber o que o este ouve, e como ouve é a neurociência, uma área em franca expansão. Nos EUA em 2013 a iniciativa denominada *BRAIN Initiative - Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies* (Pesquisa de ponta e inovação em neuro tecnologia – BRAIN, na sigla em inglês), previa no projeto de orçamento para 2014 da administração Obama um investimento de 100 milhões de dólares. O projeto de investigação revolucionário na compreensão do funcionamento do cérebro humano, tem como objetivo ajudar os

investigadores a descobrirem novos tratamentos para a cura ou prevenção de doenças do foro neurológico atualmente incuráveis como Alzheimer, Parkinson e epilepsia, e também dar respostas para o tratamento de traumatismos cerebrais e de transtornos psiquiátricos. Serão fornecidas ferramentas que permitirão aos cientistas obter imagens do interior do cérebro humano em ação que irão mostrar como as células individuais e os circuitos neurológicos trabalham e interagem. As imagens captadas serão como um "mapa" do cérebro que irão permitir examinar a forma como ele regista, usa e recupera uma vasta quantidade de informações que permitirá compreender melhor como os seres humanos pensam, aprendem e memorizam (Padrão, 2013).

O estudo do cérebro com as suas complexas estruturas neurais deve combinar ferramentas tradicionais como imagens de ressonância magnética, com outras tecnologias mais inovadoras como: os nano sensores, as sondas sem fios de fibra ótica implantadas no cérebro e células modificadas geneticamente com possibilidade de conexão com células cerebrais para registar a sua atividade.

Para além das novas nanotecnologias, o plano conta com a imensa capacidade de processamento, análise e combinação de dados em computadores. O que atraiu empresas como a Google, a Microsoft e a Qualcomm (Vicini, 2013).

Na Europa o European Brain Council definiu o ano de 2014 como o ano europeu do cérebro. Este projeto teve como objetivo sensibilizar e desafiar a forma de pensar dos cidadãos relativamente às questões ligadas ao cérebro, e contou com mais de 200 organizações representativas de pacientes, cientistas, profissionais da área da saúde e da indústria farmacêutica.

Em Portugal o Centro de Investigação da Fundação Champalimaud tem apostado na investigação, especialmente dedicada à área das neurociências. Em 2007 lançou o Programa Champalimaud de Neurociências com o objetivo de acolher grandes investigadores das bases neurais do comportamento para aprofundar o conhecimento sobre o cérebro humano. A um desses investigadores foi atribuída pelo Conselho Europeu de Investigação (ERC) a bolsa de dois milhões de euros para estudar de que forma o cérebro consegue criar conceitos e ações complexas a partir de pequenos "fragmentos" de ideias e movimentos, processo designado *chunking*. Este projeto integra-se também no Human Brain Project, na vertente da construção de um modelo computadorizado do cérebro humano. O projeto europeu inclui 200 investigadores, distribuídos por 80 laboratórios diferentes. Deverá ter a duração de 10 anos e um financiamento de 1000 milhões de euros.

4.3.2.1 Humanos e Tecnologias Convergentes – TC

Na civilização atual as capacidades estendem-se por campos como a Nanotecnologia Molecular, a Engenharia Genética, a Inteligência Artificial Super-Humana, a Tecnologia da Informação, e a Neurociência, entre outras, onde é legítimo colocar-se as seguintes questões. Como evoluirá a união do biológico e do tecnológico e a relação entre a natureza e a sociedade?

Poderá afirmar-se que o aumento do conhecimento leva a um maior bem-estar? Ou o aumento do conhecimento e a sua aplicação poderá levar ao desenvolvimento económico, independentemente do ganho ser partilhado pela sociedade?

Para haver evolução, a aplicação das descobertas da ciência, da tecnologia e da informação, necessitam de um entrosamento convergente daquelas áreas do conhecimento que operam isoladamente, mas num esforço comum para a solução de questões humanas importantes. Trata-se das Tecnologias Convergentes (**TC**) que constituem uma área abrangente de interação da pesquisa em Tecnologia da Informação, Nanotecnologia, Biotecnologia e Ciência Cognitiva e criam possibilidades inimagináveis para diversos fins entre eles o da saúde humana.

Apesar da aposta, desde 2003, da Comissão Europeia, através do seu documento “*Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*” onde “Os cidadãos da Europa beneficiarão das TC se elas forem implementadas com vista aos cuidados de saúde, processamento de informação e comunicação, mitigação ambiental, fontes de energia e outras áreas de interesse público e pessoal” (Nordman, 2004), há questões que se levantam: Poder-se-á através destas TC manipular de forma incontrolada a vida dos indivíduos? E quais serão os impactos sociais das TC na inovação e no futuro da sociedade? Poderão as mesmas criar seres híbridos humano-máquina? E como será o seu relacionamento com a natureza? E como se influenciarão mutuamente? Como se poderá gerir e regular os produtos desta nova convergência? Quais os seus aspetos éticos e legais e que impactos terão na sociedade?

O movimento intelectual e cultural Trans Humanista defende o uso da ciência e da tecnologia para aumentar a inteligência, a longevidade e o bem-estar dos seres humanos, bem como para eliminar o sofrimento. Consideram certos aspetos da condição humana (deficiências físicas e mentais, o sofrimento, a doença, o envelhecimento e a morte involuntária) como desnecessários e indesejáveis. Voltam-se para a biotecnologia e tecnologias emergentes para estes propósitos, preocupando-se com os perigos e com os benefícios que estas tecnologias encerram.

Parece interessante salientar a análise do Relatório do *COST Foresight 2030, Benefiting from Digital Revolution, Workshop on Life Enhancement* que decorreu entre 30 de junho e 2 de julho de 2009. No anexo M apresenta-se, de forma mais extensa, os conteúdos deste relatório, deixando-se nesta secção apenas algumas das ideias que possam ter ligação com a temática em estudo.

Os participantes colocaram o horizonte temporal em 2030 e desenharam uma visão com as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), no cerne de cuidados de saúde e das biociências que pretende capacitar as pessoas para tomarem conta das suas vidas. Exploram-se três áreas: Medicina Personalizada, Lutar contra o Envelhecimento e Humano Cibernético.

Relativamente à medicina personalizada a abordagem sugere-se qualitativa e personalizada numa perspetiva preventiva e curativa; baseada na recolha de dados ao longo da vida visando a capacitação e o *empowerment* do paciente. Basear-se-á na colheita de dados ao longo da vida, mas também na Web segura e remotamente acessível, prevendo-se que seja interdisciplinar e

multidisciplinar, bem como social e culturalmente aceitável. Coloca-se em evidência a tecnologia *lab-on-chip* que permitirá vários testes para personalizar a medicina e integrar as ciências “Omics” (como a genômica, proteômica, transcriptômica e metabolômica).

No mesmo Relatório evidencia-se a facilidade na recolha dos dados genômicos a par da dificuldade em entender o genoma, chamando a atenção para a necessidade da investigação dos elos perdidos entre a genética, a doença e o meio ambiente, a necessidade de estudar os parâmetros genômicos que podem alterar a função do genoma sob influências externas tais como, fatores ambientais e epigenéticos que serão fundamentais na expressão do gene, compreensão e etiologia de várias doenças.

Quanto ao combate do envelhecimento, Aubrey de Grey, presidente e diretor científico da Fundação Matusalém, do UK, lançou o debate quando referiu que o reforço das capacidades físicas e mentais é um assunto grandioso, mas a melhoria da qualidade de vida, resume-se basicamente a combater o envelhecimento, mais que qualquer outra coisa, e não era o modo como a medicina funcionava na altura, tendo afirmado que “Até 2030, deve ser possível alcançar um impacto significativo sobre o processo de envelhecimento”.

O *Bioprofile* permitirá aos sujeitos em conjunto com os profissionais de saúde desenhar planos de vida que evitem fatores que possam aumentar a probabilidade de desenvolver determinada doença. Tais planos incentivam os sujeitos a procurar medidas preventivas para diminuir a sua vulnerabilidade e prevenir ou retardar o processo de envelhecimento. Prevê-se grandes avanços na medicina regenerativa e na biomedicina nos próximos 20 anos relacionados com medicamentos regenerativos, ligados aos avanços na capacidade de manipulação celular nomeadamente de células estaminais. Outras questões importantes são a disponibilidade de informação genética que permite a capacitação dos pacientes e melhor conhecimento do nosso ambiente tóxico.

A educação para a saúde futura, pela aprendizagem baseada na internet e nos registos pessoais de saúde informatizados, é outro dos aspectos considerados.

Quanto ao humano cibernético e à ascensão da bio robótica pode ler-se no relatório que em 2030 os elos entre as tecnologias *cyber* computador e sistemas biológicos humanos estarão bem avançados, destacando-se os avanços nas neuro próteses, robots de companhia, e realidade virtual.

O desenvolvimento de novos materiais permitirá a interface entre os membros artificiais e o tecido humano prevendo-se o desenvolvimento de materiais “inteligentes”, flexíveis e biocompatíveis que abrangerão uma vastidão de novas possibilidades para pessoas com deficiência.

Não sem controvérsia foram discutidos os desafios inerentes ao trans humanismo, que fomentam o uso da ciência e da tecnologia para melhorar características e capacidades humanas, físicas e mentais em indivíduos sem patologia.

A opinião dos participantes foi unânime quanto à predição dos serviços de robots de companhia, empáticos, intuitivos e interativos ser comum em 2030, que melhorarão grandemente a qualidade de

vida humana em particular dos idosos com deficiência, que serão usados pelas famílias e substituirão pessoas na realização de tarefas difíceis; quanto à monitorização contínua em tempo real do corpo humano; quanto ao desenvolvimento da Internet do futuro numa rede global inteligente; quanto à tecnologia das células estaminais e à terapia genética.

Vários desafios tecnológicos e sociais colocam-se às três áreas da biomedicina discutidas no *Workshop* quanto à governança de dados, privacidade, confiança e questões éticas.

Algo tão importante como os avanços da biomedicina farão com que a sociedade se depare com questões éticas complexas tais como: Na medicina personalizada como é que os seguros de saúde irão atuar num mundo onde os dados pessoais de um cliente podem ser comprometidos? Quais os procedimentos que serão cobertos? Serão determinados procedimentos preventivos e estilos de vida obrigatórios? Tratamentos com medicamentos e terapias personalizadas serão para o público em geral ou limitados apenas a quem pode comprá-los?

Terão de se abordar questões políticas públicas, sobre o que é social e culturalmente aceitável, apostar na tecnologia acessível, e na educação em saúde para os cidadãos e profissionais de saúde.

Como conclusão do Relatório, pode ler-se que a personalização da saúde vai permitir grande qualidade de tratamento, de terapêuticas e de capacitação dos pacientes. A implementação da medicina personalizada vai obrigar à criação de novos quadros legais, éticos, apólices de seguro, educação, TIC e mais avanços nas biociências. A Avaliação de tecnologia em Saúde tem, neste relatório inovador, diversos campos de aplicabilidade.

4.3.2.2 Também a Audição Será Contemplada

Subjacente à temática deste estudo está a surdez ou o défice auditivo, que é a primeira causa de deficiência humana. Com o envelhecimento da população, o aumento da esperança de vida, a submissão a um mundo ruidoso, é necessário o desenvolvimento de todos os esforços para habilitar e reabilitar os sujeitos que padeçam desta desvantagem. Os rápidos avanços da biociência e das tecnologias da audição tornam realista o vislumbre de um horizonte temporal de cura dentro do previsível. Cada vez mais se irão buscar recursos para a investigação multidisciplinar (geneticistas, químicos, engenheiros, médicos, etc.) orientada para as curas biológicas das principais perdas do ouvido interno.

Várias direções de investigação parecem promissoras para o restabelecimento da audição, de entre elas, pode contar-se com a terapia com células estaminais, a terapia genética, a terapia molecular e a estimulação neural.

Na **Terapia com Células Estaminais** uma das abordagens da investigação é: E se os investigadores conseguissem fazer um ouvido interno a partir de células da própria pele do sujeito? Ou reparar o ouvido interno a partir do interior? Enquanto as próteses e os implantes cocleares podem fornecer

uma boa recuperação da função auditiva, esta aposta da engenharia de tecidos em otorrinolaringologia é um método biológico para reparar a cóclea danificada e restaurar a audição sem qualquer tipo de prótese.

É já conhecido que mais de 25% das formas mais comuns da perda auditiva são causadas por mutações em apenas três genes, o que leva à questão legítima sobre se a **Terapia Genética** poderá usar vetores para substituir o gene defeituoso por um gene saudável. Em sujeitos com surdez genética, os investigadores pretendem gerar modelos de doenças a partir de células estaminais derivadas de pessoas e usá-las em laboratório para o desenvolvimento de tratamentos. Investigadores de biomédicas da *Stanford School of Medicine*, contam aplicar estes achados nos primeiros testes clínicos num prazo de dez anos.

Foi já identificado o gene **ATOH1** que atua no desenvolvimento das células ciliadas. Os investigadores usando as ferramentas da terapia genética poderão eventualmente ativar e reconstruir um ouvido danificado, através da replicação dos passos que ocorrem no desenvolvimento embrionário.

É também necessário o conhecimento de genes que desempenham papel importante nos nervos de ligação às células ciliadas para formarem as conexões sinápticas; isto irá permitir conhecer como é que o sistema auditivo se desenvolve podendo levar a novas estratégias de estimulação e inervação das células ciliadas recém-geradas.

A **Terapia Molecular** aposta na descoberta de novas drogas que possam ser usadas na prevenção de perdas das células ciliadas da cóclea, ou que possam levar a auto reparação da mesma. E também na utilização de células humanas, em vez de células de animais, ou na utilização de células derivadas de pacientes que permitam testar diretamente a eficácia de novos fármacos. O conhecimento do papel das hormonas da tiroide que regula a formação das junções entre as células nervosas que lhes permitem comunicar através de sinais permitirá aos investigadores acompanhar o processo molecular sobre como as ligações nervosas estão a ser feitas, e poderão identificar os genes de base aos processos patológicos que conduzem à perda auditiva.

Quanto à **Estimulação Neural** a investigação prende-se com o uso da energia laser para restaurar a audição, contornando as células ciliadas e estimulando diretamente as células do nervo auditivo. O objetivo é “alvejar” com precisão uma única célula auditiva nervosa que poderá ter o potencial para a restauração da audição, da discriminação, ou de uma vasta gama de frequências. Esta tecnologia poderá ser integrada numa prótese auditiva colocada fora da cóclea, contrariando o risco de perda auditiva colateral ou meningite.

Quando as células ciliadas da cóclea sensíveis ao som morrem, os neurónios do gânglio espiral que enviam sinais das células ciliadas para o cérebro, começam a atrofiar. Os Implantes Cocleares substituem as células ciliadas desaparecidas e geram correntes elétricas que estimulam diretamente os neurónios do gânglio espiral. A distância entre ambos exige correntes fortes para excitar as células e perdem a capacidade de transmitir informações acerca do *pitch*. O indivíduo implantado

habitualmente não tem problemas no processamento da fala, mas a sua audição fica comprometida em ambiente ruidoso, bem como na escuta da música.

A ideia remota de levar até à cóclea ADN que contenha *brain-derived neurotrophic factor (BDNF)*, um gene que favorece o crescimento dos neurónios, levou vários investigadores a desenvolver formas alternativas, de fazer este transporte até à cóclea, tais como a inclusão de cápsulas de nano partículas que libertam o gene lentamente.

A equipa de Pinyon e Housley da University of New South Wales está atualmente a trabalhar para melhorar a técnica que encontraram de tornar os implantes cocleares ainda mais eficazes, transformando-os em veículos de entrega de genes que favorecem o crescimento de neurónios moribundos. Na sua investigação antes da cirurgia da colocação do IC nas cobaias, introduziram anéis de ADN nas células em redor contendo *BDNF*. De seguida usaram pequenos elétrodos dos IC para descargas elétricas fortes mas breves. O que fez romper as membranas das células vizinhas durante o tempo suficiente para que o ADN se introduzisse. As células expressaram *BDNF*, e os neurónios do gânglio espiral outrora atrofiados cresceram em direção a eles. Os investigadores pensam testar em ensaios clínicos dentro de dois anos (Ed Yong, 2014).

Contudo, vão continuar a usar-se as Próteses Auditivas!

A função biológica do órgão da audição permite informações úteis para a vida do indivíduo, advertindo-o e permitindo-lhe evitar determinados perigos. A privação total deste órgão sensorial torna o indivíduo vulnerável e aumenta-lhe o risco de acidente.

Devido à incapacidade de ouvir a fala e outros sons com clareza e a uma intensidade adequada, a pessoa com deficiência auditiva muitas vezes tem alterações na comunicação e sofre de perturbações psicológicas como: frustração, medo, vergonha e solidão que podem levá-la ao isolamento social.

A consequência mais evidente da deficiência auditiva é a ausência de linguagem, o maior obstáculo à comunicação. Esta privação pode ter como consequência o isolamento com as implicações sociais e de socialização, dificultando a interação com os norma-ouvintes.

Áreas como a robótica, a nanotecnologia, a *interface brain-machine*, os biomateriais inertes, entre outras, abrem grandes possibilidades em re(h)abilitação. Também a tentativa da criação de dispositivos mecânicos e eletrónicos que imitem funções biológicas é já uma conquista dos especialistas em biónica, que constroem membros que imitam a função do esqueleto, musculatura, tendões e nervos do corpo humano. Como tal, ainda que seja uma questão de tempo, o ouvido biónico ainda está longe de ser uma réplica perfeita do ouvido humano.

Tal como referido anteriormente outras direções de investigação parecem igualmente promissoras para o restabelecimento da audição.

É importante considerar que num futuro as tecnologias do *Bioprofile* farão com que os médicos possam prever a suscetibilidade à perda auditiva, bem como o aparecimento da mesma com anos de antecedência, diagnosticar-la com precisão, e planejar e monitorizar a resposta à terapêutica adaptada às necessidades individuais (Relatório Cost Foresight 2030).

Apesar de todos os avanços, a revisão da literatura permite afirmar que ninguém pode dizer com certeza que os tratamentos médicos para determinados tipos de perda auditiva serão desenvolvidos no futuro, como quanto caro ou complicado determinado tratamento poderia ser. Hoje o único tratamento para a perda auditiva neurosensorial são as próteses auditivas e isso não vai mudar no futuro próximo.

No início desta investigação, ainda como projeto, a pesquisa bibliográfica revelou-se escassa relativamente ao cruzamento das variáveis *Hearing aids – Electroencephalogram*. No entanto, a atualização pela revisão do *state of the art* revelou nos últimos dois anos e em particular nos últimos seis meses, uma franca expansão de disciplinas científicas nessa área, nomeadamente em *Hearing aids – The brain connection*.

Os avanços e relatos identificados nesta atualização apresentam-se no anexo N de forma mais exaustiva, deixando-se para esta secção o destaque dos pontos relevantes para esta tese.

Segundo Mueller (2013) em audiologia diagnóstica, há muito que tem sido comum utilizar medições objetivas para apoiar os resultados comportamentais, ou em alguns casos, substituí-los. Desde o início dos anos 70 do século passado que se pode contar com a bateria de testes como a imitanciometria e os potenciais evocados auditivos. As Otoemissões acústicas foram adicionadas uma década mais tarde. No mundo da amplificação, no entanto, as medidas objetivas são limitadas. Saber que a saída do aparelho auditivo é correta no canal auditivo é, naturalmente, um primeiro passo necessário, mas o que realmente se quer saber é se e como o cérebro está usando as informações (Mueller, 2013). Pois, independentemente do desenvolvimento tecnológico, o som continua a viajar do ouvido até ao cérebro. Tudo o que ouvimos é processado no cérebro.

O estudo da Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de julho de 2015 vem mostrar que nem sequer se conhece o que se ouve. Este estudo coloca questões como o efeito lesivo que o som pode ter na audição, procurando definições sobre sons audíveis e inaudíveis, e a percepção e reação do indivíduo aos diferentes tipos de som.

É através da pesquisa de neurocientistas da Universidade Johns Hopkins que surgem novas informações sobre o funcionamento das células nervosas, que contrariam a atribuição quase exclusivamente da morte das células ciliadas do ouvido interno, como responsáveis pela perda auditiva no idoso. A sua publicação no *The Journal of Neuroscience* (2015) refere terem verificado um aumento do número de conexões entre determinadas células sensoriais e células nervosas do ouvido interno de ratos idosos. Na última década os estudos têm sugerido que as alterações ao longo do tempo também ocorrem entre as células ciliadas e as células nervosas às quais estão ligadas, que são conhecidas por inibir a audição, embora ainda não esteja claro se isso é uma função de ratos

mais velhos. Os investigadores consideram que se as descobertas se confirmarem, poderão contribuir para os médicos que poderão vir a tratar ou prevenir a perda auditiva relacionada com a idade. (Johns Hopkins Medicine - Paul Fuchs, 2015).

Apesar das respostas cerebrais mudarem com a idade as próteses auditivas tendem a ser adaptadas da mesma forma, independentemente da idade do utilizador. Ao envelhecermos os nossos cérebros “traduzem” o som de forma diferente. Tremblay e os seus colaboradores estão a investigar se os cérebros de alguns indivíduos são mais sensíveis ao ruído de fundo do que outros, provavelmente um fator fundamental para a sua satisfação com a prótese auditiva.

Para conhecer melhor o papel do cérebro na audição, Tremblay e estudantes de pós-graduação do Department of Speech and Hearing Sciences utilizaram a tecnologia do EEG para estudar a atividade cerebral de indivíduos em que aplicavam testes auditivos especializados e usaram medidas comportamentais, pedindo ao ouvinte para efetuar uma tarefa, por exemplo, determinavam o assunto que o indivíduo iria ouvir e entender, enquanto em simultâneo efetuavam um EEG que mostrava o que estava a acontecer no cérebro, procurando evidências do que realmente faz a diferença no quotidiano dos indivíduos.

Sullivan, que estuda a compreensão do discurso nas crianças com défice auditivo, salienta que só muito recentemente se obteve a evidência de que algumas características da audição que trazem benefícios para as crianças não são as mesmas para os adultos, tendo aumentado a perceção que a reabilitação auditiva em crianças não leva ao mesmo nível de compreensão da fala como nos adultos, em particular em ambientes ruidosos. No adulto os processos cerebrais são mais capazes de preencher as lacunas da audibilidade. A explicação pode estar nos fatores cognitivos, que estão melhor desenvolvidas nestes. As crianças simplesmente não têm tanta experiência com a linguagem e continuam a desenvolver as habilidades auditivas mais complexas até à adolescência. Para Sullivan “a fala é um sistema muito redundante. Quando os fragmentos são cortados em ambientes ruidosos, os adultos são capazes de juntar e preencher as lacunas, graças à sua experiência; eles têm uma melhor capacidade de vislumbrar”.

Segundo a mesma investigadora em última análise é a ponte entre a tecnologia da prótese auditiva e o cérebro que define a compreensão global do desempenho da fala de indivíduos com défice auditivo, e que define os resultados em sala de aula e noutras situações no dia-a-dia. A importância desta temática é grande, não só para os colegas de investigação, mas também para pais, professores, terapeutas da fala e audiologistas educacionais. É importante que essas pessoas colaborem como um grupo, se entendam e estejam a par dos mais recentes desenvolvimentos na investigação (Van der Ent, 2014).

Se é um facto comprovado que as próteses auditivas através da amplificação sonora ajudam a compensar distúrbios auditivos, todavia, a sua eficácia depende também da capacidade do sistema auditivo central para representar e integrar a informação espectral e temporal emitida pela prótese auditiva.

O artigo de Tremblay e Miller de 2014 *“How Neuroscience Relates to Hearing Aid Amplification”*, mostra que se pode argumentar que é preciso entender primeiro como se processa o fluxo de audição, através dos sistemas ouvido-cérebro no indivíduo norma ouvinte mas também que se pode argumentar que as intervenções baseadas em estudos com audição normal são limitadas na sua generalização para utilizadores de próteses auditivas.

Na grande maioria dos estudos encontrados, a medida utilizada para mostrar o efeito da amplificação das próteses auditivas foi os Potenciais Evocados Auditivos Corticais, que segundo o estudo de Billings, Papesh, Penman, Baltzell e Gallun de 2012 apesar de várias décadas de pesquisa a sua utilidade clínica ainda não está clara. O que mais contribui para essa ambiguidade é a grande variabilidade entre os estudos publicados e entre os indivíduos dentro de um determinado estudo, alguns resultados demonstram os efeitos de amplificação esperados, enquanto outros não demonstram e noutros os efeitos são limitados. Evidências recentes indicam que algumas das variabilidades no efeito de amplificação pode ser explicada pela distinção entre as experiências que incidiram sobre a deteção fisiológica de um estímulo versus aqueles que diferenciaram respostas a dois sinais sonoros, ou discriminação fisiológica.

Será necessário um conhecimento mais detalhado sobre como o processamento do sinal da prótese auditiva modifica o estímulo acústico, antes que a abordagem da discriminação fisiológica seja utilizada na tomada da decisão clínica.

No estudo de Wild et al. de 2012 *“Effortful Listening: The Processing of Degraded Speech Depends Critically on Attention”*, os resultados obtidos com fMRI são coerentes com a proposta de que a compreensão da fala em situações de escuta difíceis é facilitada por influências de cima para baixo no processamento auditivo precoce. À luz dos seus achados os investigadores consideram que as medidas neurais da escuta em esforço pode proporcionar uma nova forma de avaliar a eficácia e o conforto das próteses auditivas, e ajudar os investigadores a otimizar o benefício obtido a partir desses dispositivos.

Na Conferência Research Academy (ARC) de 2014 o tema eleito foi *“Hearing Aids and the Brain”*, tendo participado investigadores ligados a grandes laboratórios mundiais de investigação na área da audição e de centros de investigação da indústria das próteses auditivas tendo sido colocadas questões como:

- O que é necessário na área da amplificação pediátrica, e se existe lugar para as medições cerebrais preencherem essa lacuna?
- Como podem as medições cerebrais adicionar à clínica protocolos, e qual seria o impacto no tempo e nos custos?
- O que pode o cérebro (cognição e neuro imagem) dizer-nos sobre a amplificação no adulto?

- Quais são as linhas de investigação da neurociência a adotar no futuro, e se estão relacionadas com a amplificação das próteses auditivas e com a forma destas ajudarem a ouvir?
- Os clínicos usariam medidas fisiológicas e de escuta em competição? Se sim, como?

Os oradores discutiram as diversas formas em que os PEA podem ser usados para preencher as lacunas na amplificação em pediatria, que serão eficazes dos seus pontos de vista em relação ao tempo e aos custos.

Nesta Conferência ressaltou-se a importância da perda auditiva congénita alterar a experiência auditiva para os lactentes e crianças que nascem com esta condição, e a importância do Rastreio Auditivo Neonatal Universal como o primeiro passo importante para assegurar que as crianças que nascem com défice auditivo possam melhorar a sua audição através de próteses auditivas ou de implantes cocleares. Com a implementação generalizada do RANU nos EUA muitas mais crianças são diagnosticadas e adaptadas antes dos seis primeiros meses de idade. Segundo Ryan atualmente estas crianças apresentam melhores resultados auditivos e comunicacionais face a crianças com o mesmo problema de outras gerações. Ryan nas suas pesquisas futuras procura aplicar os PEA e técnicas de imagem cerebral para explorar as correlações neurais das mudanças de comportamento na criança adaptada proteticamente, já documentadas nos seus estudos anteriores.

Discutiu-se o que os PEAC podem revelar sobre a surdez infantil com e sem prótese auditiva, as atuais limitações na interpretação das suas respostas e também a necessidade de pesquisas adicionais. Scollie referiu a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar o objetivo da deteção e discriminação dos sons da fala em crianças pequenas, que pode surgir através dos PEAC, sendo necessário mais estudos para determinar quais os estímulos e parâmetros otimizados para a avaliação do benefício das próteses para uma série de perdas auditivas. Estes estudos estão a dar os primeiros passos e demonstram um grande potencial para a avaliação da discriminação da fala em lactentes.

Dillon referiu que as medidas das respostas corticais nas crianças podem ajudar o clínico pela informação que dão acerca da deteção dos sons da fala quando a criança está com e sem as próteses auditivas.

Billings salientou a importância dos PEAC para caracterizar a codificação neural de sinais amplificados, e desta medida fisiológica ser recolhida enquanto os pacientes estão a usar as próteses auditivas, ser particularmente benéfica em pediatria e noutras populações onde é difícil obter respostas comportamentais fiáveis. Salientou que as modificações do processamento da audição em indivíduos adaptados proteticamente necessitam de melhor compreensão e de serem consideradas cuidadosamente antes da sua utilização na clínica como bio marcadores para a discriminação ou para perceber como o cérebro muda ao longo do tempo com a amplificação.

Sullivan ressaltou a dificuldade das crianças reconhecerem a fala no ruído, o que é relatado consistentemente por outros investigadores que referem que mesmo com a amplificação adequada crianças com déficit auditivo apresentam grandes dificuldades na escuta nas salas de aulas, pela reverberação e pelo ruído ambiente, comprometendo o acesso auditivo à informação, exigindo maiores recursos cognitivos como a memória de trabalho que é mais afetada quando a relação sinal ruído é pobre, podendo influenciar outros processos como a compreensão auditiva.

Lunner salientou os novos avanços tecnológicos relevantes para o processamento auditivo incluírem monitorização via, por exemplo, o eletroencefalograma – EEG. Para Lunner foi já demonstrado que o EEG pode ser usado para determinar no meio de várias fontes sonoras, qual a fonte a que o indivíduo está a prestar atenção, o que pode permitir novas formas de controlar as próteses auditivas.

Foi consensual entre os vários oradores a necessidade de prosseguir as diversas investigações que trarão informação relevante para a conceção das próteses auditivas no futuro e que lançarão luz sobre o desempenho versus a variabilidade individual dos seus utilizadores. Não obstante todas as medidas que se venham a implementar na clínica serão um complemento e não a substituição das medidas já existentes (Tremblay, 2014; McCreery, 2014; Small, 2014; Scollie, 2014; Dillon, 2014; Billings, 2014; Sullivan, 2014; Lunner, 2014 e Neuman, 2014).

A necessidade de dar respostas a questões como as anteriores tem motivado diversos cientistas a desenvolver estudos nesta área, onde as diversas ciências como a Audiologia, a Neurociência, a Nano tecnologia, a Matemática, a Engenharia entre outras convergem.

4.4 CONCLUSÕES

Este estudo pretendeu observar a relação intrincada e fundamental entre as próteses auditivas e o cérebro. Partindo da ideia que seria importante encontrar uma forma prática e acessível de observar esta relação, optou-se por trabalhar com uma amostra pequena e apenas exemplificativa. De igual forma, a análise dos resultados eletroencefalográficos poderia apontar para soluções simples e de fácil aplicação. Não obstante a intenção, na realidade a tarefa foi complexa e não atingiu os resultados esperados. Mesmo assim, é possível contribuir de forma eficaz para os próximos passos. Como foi escrito atrás, atualmente há várias investigações em curso que referem o mesmo tipo de dificuldade – a interpretação dos sinais do ponto de vista da perceção auditiva ao nível do cérebro quando as próteses estão ativas – apontando para a interferência que as próprias próteses introduzem no sinal resultante.

A utilização de EEG mostrou-se adequada pela simplicidade do teste, e pela adesão das crianças (respetivos cuidadores) e profissionais de saúde envolvidos. Quer a ideia original, quer a sua execução permitiram obter um conjunto de resultados que apresentam variações quando as próteses auditivas estão ligadas ou desligadas, na presença do mesmo estímulo sonoro. A interpretação dos

sinais obrigou a um conhecimento mais aprofundado sobre as áreas cerebrais mais envolvidas no processo da audição – o que motivou a seleção dos sinais produzidos pelos sensores correspondentes aos canais T3 e T5 responsáveis pelos sinais S8 e S13 – e sobre o desenvolvimento de algoritmos matemáticos que permitissem analisar a variação e correlacioná-la com a audição. Esta última tarefa socorreu-se do apoio de especialistas de informática e de *software* específico, divergindo um pouco do âmbito desta tese, mostrando-se complexa e de difícil execução. Mesmo assim, foi possível criar um conjunto de gráficos representativos da análise dos sinais S8, S13 e do Sinal Médio (S0) que mostram variações consoante as próteses estão, ou não, ligadas.

Embora a interpretação destas variações não seja conclusiva, no sentido em que não é constante o tipo de variação, conforme se varia a componente sonora, sem dúvida que ocorrem variações, faltando encontrar algoritmos mais aproximados para as interpretar.

Na pesquisa sobre outros estudos usando sistemas derivados do EEG, também se referem dificuldades de análise, apontando-se frequentemente para a possibilidade de interferências instrumentais e fisiológicas. São estudos recentes mostrando a atualidade do tema escolhido para esta tese.

A observação das crianças estudadas sugere que a utilização do EEG deverá considerar outras variáveis nomeadamente a agitação e o estado emotivo que é condicionado pelo facto de se desligar as próteses auditivas. Reforça-se que o EEG é normalmente realizado durante o sono ou com o máximo de tranquilidade possível. Estas condicionantes poderão ser consideradas quer na elaboração de algoritmos interpretativos, quer no recurso a variantes do EEG (como o EEG quantitativo ou de mapeamento cerebral).

Ao pretender contribuir-se para o conhecimento da Avaliação do Efeito da prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica, a questão proposta neste estudo pode agora ser respondida. Assim:

Q – Qual o efeito das próteses auditivas (se ouve, o que ouve e como ouve), nas crianças com surdez congénita? E será possível avaliar o efeito das próteses auditivas nas crianças com surdez congénita usando o EEG?

As crianças estudadas reagiram ao ambiente envolvente de forma diferente, quando as próteses estão ligadas ou desligadas, na presença do mesmo estímulo, o que pode indiciar que as próteses auditivas fazem diferença na interação com a realidade.

Por sua vez, este estudo mostra que o traçado do EEG apresenta variações quando a criança é submetida a um estímulo sonoro nas duas situações previstas – as próteses auditivas ligadas e desligadas – embora não nos tenha permitido interpretar os sinais resultantes de forma a perceber se ouve, o que ouve e como ouve.

Apesar de não ter sido possível encontrar um algoritmo interpretativo dos sinais, de fácil utilização e análise, todo o estudo realizado em torno dos traçados de EEG – desde a escolha do *software* de análise até à criação de pequenos programas para a realização de gráficos facilitadores da

visualização dos sinais resultantes – permitiu encontrar variações em todas as crianças, em todas as componentes sonoras estudadas (Histórias, Cantigas e Fala), quando se comparavam os sinais produzidos quando as próteses estavam ligadas e desligadas.

Assim, este estudo contribuiu para se encontrar uma forma de avaliar o efeito das próteses auditivas, sendo o EEG um candidato privilegiado, desde que não se subvalorize a simplicidade da sua utilização nem se sobrevalorize a criação de algoritmos complexos que possam invalidar a sua inclusão nos equipamentos já existentes.

Neste estudo foram amplamente desenhadas interpretações matemáticas dos sinais por si só, desenquadrados do funcionamento do EEG (que recolhe informação de todo o cérebro e não apenas das áreas eventualmente associadas ao processamento auditivo) e do ambiente circundante. Os algoritmos criados mostram a variação ocorrida, contribuindo de forma efetiva para o desenvolvimento de outros algoritmos mais específicos e eficazes.

Uma vez respondida esta questão ressalva-se agora a importância da Avaliação de Tecnologia aplicada até em situações tão específicas como o efeito das próteses auditivas nos indivíduos com défice auditivo. Esta é uma temática com interesse crescente, quer pelo envelhecimento da população, quer pela importância que a audição tem no desenvolvimento da criança. Neste estudo utilizou-se a metodologia da AT em torno das próteses auditivas em si, e inovou-se na escolha de um instrumento tecnológico – o Eletroencefalograma – para avaliar o efeito dessas próteses.

No final desta investigação e apesar das suas limitações, nomeadamente o número reduzido da amostra que impossibilita a generalização dos resultados ao total da população em estudo pensa-se que seria importante salientar:

- A utilização de próteses auditivas faz diferença no relacionamento da criança com o meio envolvente, pelo que é pertinente facultar a experiência auditiva o mais cedo possível;
- O RANU torna possível identificar o défice auditivo à nascença, obrigando à definição imediata de protocolos de habilitação auditiva, onde a adaptação protética tem um lugar de destaque e primazia;
- Faz assim sentido, que as próteses auditivas se adequem, cada vez mais, ao caso, considerando todos os fatores – idade, desenvolvimento e presença de outras patologias (malformações, infeções, traumatismos e outras) – e não apenas o tamanho da própria prótese auditiva;
- Torna-se assim importante investir em instrumentos que consigam avaliar o efeito das próteses auditivas, tal como se descreveu em todo este estudo, tornando eficaz, adequada e personalizada a re(h)abilitação;
- O EEG, por ser acessível e disponível, é uma tecnologia com elevado potencial para mapear a atividade cerebral e correlacionar os estímulos sonoros externos com o respetivo

processamento auditivo, continuando a ser uma tecnologia de eleição para avaliar o efeito das próteses auditivas. Deve assim, ser objeto de novas e diversas investigações que permitam isolar nos sinais resultantes, aqueles que correspondem à audição, com a consequente utilização na seleção, adaptação e avaliação do efeito das próteses auditivas.

- Este estudo sensibiliza ainda para a importância de investir na própria tecnologia das próteses, melhorando-as quanto à performance individual, adequando-as às necessidades, de cada utilizador, no seu ciclo de vida;
- De igual forma realça a necessidade de melhorar as tecnologias de mapeamento cerebral de modo a permitir a realização de exames imagiológicos na presença de próteses auditivas ou outros dispositivos (como os Implantes Cocleares) sem que haja interferência nos circuitos eletrónicos de ambos os lados.

Este estudo tendo por base um carácter exploratório, mais do que enquadrar as conclusões, permitiu lançar pistas e levantar questões sobre a problemática em questão para aprofundamento nesta área.

O estudo poderá ter repercussão nas pessoas com deficiência auditiva em geral e dos técnicos que atuam junto delas em particular, na medida em que além das intervenções no sentido da restituição das capacidades de audição, se coloca a necessidade de serem ultrapassadas outras limitações, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, diminuição do isolamento social e prevenção de alguma patologia mental secundária.

O melhor conhecimento desta problemática poderá contribuir para a plena integração económica e social da pessoa com deficiência auditiva, fazendo valer a igualdade dos direitos humanos. Por outro lado, a existência de instrumentos objetivos permite uma melhor definição de estratégias sociais e de saúde, justificando-se plenamente a Avaliação de Tecnologia no suporte à decisão nestas áreas.

4.5 E POR FIM!

Ao longo da presente tese contextualizou-se o tema proposto para a sua investigação cuja temática orientada pelo Programa Doutoral foi a Avaliação de Tecnologia. Salientou-se a sua importância, o seu cariz inovador e os contributos que poderão advir da aplicação da sua análise empírica.

O largo crescimento dos gastos com a saúde, em países desenvolvidos relacionados com o enorme avanço tecnológico após a II Guerra Mundial tem vindo a constituir motivo de preocupação universal para os gestores de serviços de saúde que de um modo geral se deparam com falta de recursos. Igual motivo de preocupação tem sido a implementação e o uso de determinadas tecnologias que não tendo sido previamente avaliadas apresentaram efeitos colaterais de enorme gravidade, como entre outros, o caso da talidomida administrada às mães durante a gravidez que implicou o nascimento de crianças com malformações congénitas.

Se por um lado a resposta dada aos factos pelos governantes se prende com a contenção dos custos, os técnicos de saúde começaram a salientar a necessidade de avaliação dos resultados das suas práticas comuns, o que permitiu identificar como algumas eram lesivas ou pouco eficientes. Archie Cochrane é o grande mentor da ideia “de que a seleção de intervenções tendo por base a sua efetividade seria também um meio de obter eficiência na alocação dos escassos recursos para a saúde”.

Apesar dos estudos científicos elaborados de modo a isentar a parcialidade sobre a segurança e a eficácia verificava-se por vezes que se continuavam a utilizar práticas clínicas inapropriadas, ineficazes e nalguns casos mesmo prejudiciais à saúde dos pacientes. O que fez surgir o Movimento da Medicina Baseada em Evidência que faz a transferência da evidência científica para a prática clínica.

Relativamente à tomada de decisão pelo gestor quando este tem de decidir sobre a alocação de recursos diminutos face a uma procura crescente de intervenções, a questão não se pode resolver apenas com a evidência dos benefícios para o indivíduo, sendo igualmente necessário conhecer o custo da intervenção.

Considerando os princípios da equidade da atribuição de recursos deve conhecer-se quem é o beneficiário, quem deve suportar os custos envolvidos e também quem fica sem cobertura, para a sua questão de saúde. Assim, em simultâneo a metodologia utilizada pelos economistas nesta área contempla a associação de efetividade e eficiência, bem como o custo no processo de decisão tornando clara a distribuição dos recursos restritos. Porém, “O reconhecimento de que os custos deveriam ocupar um papel importante no processo de alocação de recursos tendo por objetivo social maximizar a saúde da população com equidade não tem sido uma tarefa simples” (Ministério da Saúde do Brasil - Secretaria Executiva, Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento, 2009).

Percebe-se a importância de avaliar as novas tecnologias para a clarificação dos seus efeitos colaterais de implicação social cabendo este papel aos especialistas em AT, que em colaboração com outros técnicos, cientistas, bioéticos, população e políticos permitirão implementar as novas tecnologias de forma estudada e sustentável.

Quanto às próteses auditivas apesar do grande avanço que ocorreu na transformação da tecnologia analógica para a digital e na miniaturização dos seus componentes ganhando em estética e em funcionalidade e permitindo a coordenação com novas tecnologias de comunicação, ainda estão muito longe de imitar o ouvido humano e de permitir um ajuste tão preciso que permita ao cérebro processar os sons como se fossem captados pelo ouvido são. O mesmo se passa com os implantes cocleares onde persiste a mesma preocupação e onde a escuta em particular da música ainda fica muito aquém da audição “normal” e onde ainda é difícil a transição para um implante tecnologicamente mais desenvolvido quando já se é utilizador, devido há incompatibilidade da implantação onde já esteve implantado um dispositivo diferente.

Considerando as limitações tecnológicas existentes, salienta-se as considerações feitas anteriormente, onde se refere que as próteses e implantes são as mesmas para o indivíduo adulto e para a criança, quando as realidades são diferentes, em particular na criança com surdez congênita, que nunca ouviu. Parece meritório o alerta deste estudo para a surdez infantil e a sua re(h)abilitação com as opções e desafios possíveis da atualidade, atendendo a que o ouvido biónico ainda está longe de copiar o ouvido humano, de crescer com a criança e de cumprir todas as funcionalidades e desenvolvimento do ouvido “normal”.

A amostra deste estudo, limitada, colhida por conveniência permitiu essencialmente observar a exequibilidade e facilidade de examinação através do EEG dos sinais cerebrais em resposta a um estímulo sonoro quando a criança com déficit de audição tem ou não colocadas as próteses auditivas. Mostrando assim, à semelhança de outros estudos da atualidade com metodologia um pouco diversa mas de alguma forma com algumas afinidades, na medida em que utilizam EEG e potenciais evocados que não são mais que a variação do ritmo de base do EEG, embora a população estudada na maior parte dos estudos não seja pediátrica como a utilizada neste estudo. Apesar de tudo os dados empíricos mostram alguma consonância. Todos os estudos observados e referenciados nesta tese mostram a importância da conjugação da surdez com a neuro ciência mas nenhum deles se debruça sobre a ATS como o que ocorre nesta teste parecendo que o mesmo poderá aportar um vislumbre para a resolução do problema onde os avanços da tecnologia poderão descobrir o caminho para a ciência podendo perspetivar uma mais-valia para investigadores, fabricantes de próteses auditivas, audiologistas e os principais envolvidos que são as pessoas com surdez e os seus familiares.

A escassez de dados epidemiológicos como referido anteriormente quanto ao número de pessoas com deficiência auditiva, tipos de perda auditiva, utilizadores de próteses auditivas, bem como o conhecimento das que são fornecidas pelo SNS e a satisfação dos seus utilizadores, não permite um levantamento da situação nacional. No entanto, esta problemática não se pode descuidar face à falta de documentação. Tal como qualquer outra deficiência a Constituição prevê a inclusão plena das pessoas com deficiência auditiva em todos os setores da vida social. A identificação das necessidades destes indivíduos contribui para a criação das condições de inclusão plena, passando pelo planeamento dos custos e dos recursos associados. Se o investimento for feito estrategicamente desde o nascimento, considerando o RANU e a posterior adaptação e habilitação da criança, numa perspetiva de intervenção (muito) precoce, os custos finais ficam totalmente diluídos e possivelmente reduzidos ao longo do tempo, uma vez que este tipo de intervenção permite a integração plena em todas as vertentes sociais.

Assim é pertinente insistir numa avaliação de custos considerando todos estes indicadores sociais e de inclusão, ao lado dos outros indicadores mais objetivos, como os custos das próteses auditivas, dos exames complementares de diagnóstico, das terapias de re(h)abilitação, entre outros. Possivelmente ficaria claro o custo da re(h)abilitação precoce comparando com uma intervenção

tardia, em que o primeiro seria muito mais eficaz quanto aos resultados finais quantificáveis (custo real) e qualificáveis (inclusão).

Este estudo lança o desafio da maior personalização da re(h)abilitação protética, melhorando eventualmente a eficácia destas ajudas técnicas desde o primeiro momento.

4.6 ESTUDOS FUTUROS

Qualquer estudo implica um desenvolvimento em construção e repercussão onde nos vamos apercebendo das diversas limitações e condicionantes. Assim no futuro sugere-se a importância da realização de estudos sobre a Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva no Mapeamento Cerebral observado em resposta a um estímulo sonoro através da Análise Eletroencefalográfica numa amostra mais representativa, com diversos grupos de acordo com a mesma faixa etária, bem como em grupos diferentes, nomeadamente:

- Indivíduos com hipoacusia neurossensorial com os diversos graus não abordados neste estudo;
- Indivíduos com hipoacusia neurossensorial com dinâmica auditiva reduzida;
- Indivíduos com hipoacusia neurossensorial retro coclear;
- Indivíduos com história de exposição prolongada ao ruído;
- Indivíduos com história de Oto toxicidade;
- Indivíduos com presbiacusia;
- Indivíduos com outros tipos de hipoacusia;
- Indivíduos que efetuaram treino audio verbal.

Para estes indivíduos haveria uma avaliação faseada no tempo usando estas tecnologias baseadas no EEG, obtendo o mapeamento cerebral, sendo igualmente interessante a avaliação em indivíduos norma ouvintes.

A relevância de estudos futuros como os acima propostos torna importante o conhecimento quantitativo e qualitativo das diferenças do mapeamento cerebral do indivíduo com déficit de audição quando está submetido a um mesmo estímulo sonoro com as próteses auditivas ligadas e desligadas, podendo dar uma panorâmica que melhor permita a caracterização e a intervenção.

O estudo da presente tese é da inteira e exclusiva responsabilidade da autora. É o resultado da sua investigação pessoal e independente onde todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

A autora acredita que este estudo contribui como referência a estudos futuros relacionados com o tema aqui desenvolvido, principalmente devido à raríssima quantidade de material existente sobre o assunto em língua portuguesa.

BIBLIOGRAFIA

- Abreu, P. (2008). Editorial: Saúde e Inovação na Europa. *Hospital do Futuro*. Acedido em 28 Agosto de 2013, de <http://www.hospitaldofuturo.com/profiles/blogs/editorial-saude-e-inovacao-na>
- Adopting Hospital based Health Technology Assessment – AdHopHTA (s.d.). A New European Project on Hospital Based Health Technology Assessment. *AdHopHTA*. Acedido em 27 Março de 2014, de <http://www.adhophta.eu/>
- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2010). Panorama, Nanotecnologia. *Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial*. Acedido em 7 Agosto de 2013, de <http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>
- Aicep Portugal Global (2011). Pense Global pense Portugal. *Aicep Portugal Global*. Acedido em 15 Setembro de 2011, de http://www.portugalglobal.pt/PT/PortugalNews/Documents/Revistas_PDFs/Portugalglobal_n36.pdf
- Alford, C., Stagno, S., Pass, R. & Britt, W. (1990). Congenital and perinatal cytomegalovirus infections. *Clinical Infectious Diseases*, 12(Supl 7), 745-753.
- Almeida, S. P. & Falcão, J. M. (2009). Incapacidade auditiva auto-declarada na população portuguesa - Uma Análise aos Dados do Quarto Inquérito Nacional de Saúde. *Acta Médica Portuguesa*, 22, 223-232.
- Alvoeiro, J. (s.d.). O Electroencefalograma. *A Ciência da Mente*. Acedido em 10 Dezembro de 2012, de <http://jorge0alvoeiro.no.sapo.pt/EEG.html>
- American Psychological Association. (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association* (6ª ed.). Washington, DC: Autor.
- Anderson, S. & Kraus, N. (2012). The potential role of the cABR in assessment and management of hearing impairment. *International Journal of Audiology*. doi: 10.1155/2013/604729
- Anghinah, R., Kanda, P., Jorge, M. & Melo, A. (1998). Eletrencefalograma Quantitativo e Topográfico (Mapeamento Cerebral) – Estudo do Padrão Normal para uma População Adulta. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 56(1), 59-63.
- ANSI-S3.6 (1969). *Specifications for audiometers*. New York: American National Standards Institute.
- ANSI S3.20 (1973). *American national standard psychoacoustical terminology*. New York: American National Standards Institute.
- António, S., & Strasnick, B. (2011). Inner Ear, Genetic Sensorineural Hearing Loss. *eMedicineMedscape*. Acedido em 30 Março de 2011, de <http://emedicine.medscape.com/article/855875-overview>
- Associação Portuguesa de Empresas de Dispositivos Médicos – APORMED (s.d.). Avaliação de Tecnologias para Saúde. *Associação Portuguesa de Empresas de Dispositivos Médicos*. Acedido em 3 Fevereiro de 2015, de <http://www.apormed.pt/setor-dispositivos-medicos/o-setor/avaliacao-de-tecnologias-para-a-saude.html>
- Associação Portuguesa de Engenharia e Gestão da Saúde - APEGSAUDE (2014). Avaliação de Tecnologias – SINATS. *Associação Portuguesa de Engenharia e Gestão da Saúde*. Acedido em 2 Fevereiro de 2015, de <http://www.apegsaude.org/Aconteceu/2014/Avalia%C3%A7%C3%A3odeTecnologiasSINATSPorto/tabid/748/language/pt-PT/Default.aspx>
- Associação de Surdos da Alta Estremadura (s.d.). Quantos Surdos existem em Portugal? *Associação de Surdos da Alta Estremadura*. Acedido em 11 Agosto de 2014, de <http://www.associacaosurdosaltaestremadura.org/index.php?id=44&lang=PT>

- Associação de Surdos do Porto (s.d.). A surdez - Algumas definições úteis sobre a Surdez. *Associação de Surdos do Porto*. Acedido em 7 Agosto de 2014, de <http://www.asurdosporto.org.pt/artigo.asp?idartigo=77>
- AudioBem – Aparelhos Auditivos (s.d.). Audiograma de Sons Familiares. *AudioBem*. Acedido em 12 Novembro de 2012, de <http://www.audiobem.com.br/audiometria/audiograma-sons-familiares>
- Bacelar, C. (2010). EEG com Mapeamento Cerebral. *Clinicia Neurológica Dr. Carlos Bacelar*. Acedido em 22 Agosto de 2014, de <http://www.bacelar.com.br/index.php?eegmap>
- Baggato, M. (2008). Baby waves and hearing aids: Using ABR to fit hearing aids to infants. *The Hearing Journal*, 62(2), 10-16.
- Bailar, J. & Mosteller, F. (1992). *Medical Uses of Statistics* (2ª ed.). USA: New England Journal of Medicine.
- Banta, D., Werkö, L., Cranovsky, R., Granados, A., Henshall, C., Jonsson, E., . . . Sheldon, T. (1997). Report from the EUR-ASSESS Project. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 13(2), 133-143.
- Banta, D. & Oortwijn, W. (2001). Health Technology Assessment and Health Care in the European Union. *TA-Datenbank-Nachrichten*, 10, 29-37.
- Barbenza, C. M., Bryan, M. E. & Tempest, W. (1970). Individual loudness functions. *Journal of Sound and Vibration*, 11, 399-410.
- Barbosa de Carvalho, J. F. (2007). *Estudo de um Instrumento de Engenharia Biomédica. Audiometria de Tronco Encefálico (ABR)* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Bazzo, W. A. (1998). *Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação*. Florianópolis: Editora UFSC.
- Bechmann, G., Decker, M., Fiedeler, U. & Krings, B. (2007). Technology assessment in a complex world. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 1, 6-27.
- Beitas, K., Daktariūnas, A., Daugirdienė, A., Sakalauskas, V. & Saunoriutė Kerbelienė, S. (2006). Human Biology – Electrophysiological Experiment. *Computerised Laborator in Science & Technology Teaching – COMLAB*. Acedido em 12 Julho de 2013, de <http://www.pef.uni-lj.si/eprolab/comlab/stop/stop-bm/bm-elephy.htm>
- Berger, H. (1929). Über das Electrenkephalogramm des Menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 87(1), 527-570.
- Billings, C. (2014). What Aided Auditory-Evoked Potentials Can Tell Us About the Aided Auditory System - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Billings, C. J., Papesh, M. A., Penman, T. M., Baltzell, L. S. & Gallun, F. J. (2012). Clinical use of aided cortical auditory evoked potentials as a measure of physiological detection or physiological discrimination. *International Journal of Otolaryngology*. doi:10.1155/2012/365752
- Billings, C. J. & Tremblay, K. L. (2007). Hearing Aids and the Brain: What's the Connection?. *The ASHA Leader*. Acedido em 26 Maio de 2014, de <http://www.asha.org/Publications/leader/2007/070529/070529g/>
- Billings, C. J., Tremblay, K. L. & Miller, C. W. (2011). Aided cortical auditory evoked potentials in response to changes in hearing aid gain. *International Journal of Audiology*, 50(7), 459-467.

- Billings, C.J., Tremblay, K.L., Stecker, G.C. & Tolin, W.M. (2009). Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hearing Research*, 254(1-2), 15-24. doi: 10.1016/j.heares.2009.04.002
- Biotechnology and Biological Sciences Research Council (2006). How A Locust's Eardrum Could Lead To Tiny Microphones. *ScienceDaily*. Acedido em 18 Fevereiro de 2015, de www.sciencedaily.com/releases/2006/03/060331153727.htm
- Bertolaccini, R. (s.d.). Eletroencefalografia e Mapeamento Cerebral nas Demências. *Neurologia – Clínica Médica*. Acedido em 22 Agosto de 2014, de <http://drromulobertolaccini.site.med.br/index.asp?PageName=Eletroencefalografia>
- Bimber, B. (1996). *The Politics of Expertise in Congress: The Rise and Fall of the Office of Technology Assessment*. New York: State University of New York.
- Boltanski, É. (1974). *L'Enfant handicapé physique et son devenir: Perspectives de sa vie scolaire et professionnelle* (Coleccção Mésopé). Toulouse: Edouard Privat.
- Bos, D. O. (2007). EEG-based Emotion Recognition - The Influence of Visual and Auditory Stimuli. *CiteSeerX*. Acedido em 18 Abril de 2012, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=1A88B1EA135547EE57F49646325873A3?doi=10.1.1.226.8188&rep=rep1&type=pdf>
- Breneman, K. D., Brownell, W. E. & Rabbitt, R. D. (2009). Hair cell bundles: flexoelectric motors of the inner ear. *PloS One*, 4(4), e5201. doi: 10.1371/journal.pone.0005201
- Brennan, J. M. (1977). *The Open Texture of Moral Concepts*. New York: Macmillan.
- Brogaard, B. & Gatzia, D. (2015). Is the Auditory System Cognitively Penetrable?. *Frontiers in Psychology*, 6(1166), doi: 10.3389/fpsyg.2015.01166
- Brune, H., Ernst, H., Grunwald, A., Grünwald, W., Hofmann, H., Krug, H. et al. (2006). *Nanotechnology: Assessment and Perspectives*. Germany: Springer.
- Busse, R., Orvain, J., Velasco, M., Perleth, M., Drummond, M., Gürtner, F....Wild, C. (2002). Best Practice in Undertaking and Reporting Health Technology Assessments. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 18(2), 361-422.
- Cabloco, L. (2013). Maturação do Eletroencefalograma. *Sociedade Brasileira de Neurofisiologia Clínica*. Acedido em 14 Maio de 2014, de <http://www.itarget.com.br/newclients/sbnc.org.br/arquivos/aulas/aula-11.pdf>
- Camacho, R. A. (1982). *Conocer al niño sordo*. Madrid: La Editorial Ciencias de la Educación Preescolar y Especial.
- Cândido, A. & Marques Rosa, I. (2011). *Políticas de Financiamento de I&D em Portugal* (Curso Doutoral em Avaliação de Tecnologia). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Casselbrant, M. L. & Mandel, E. M. (2005). Genetic susceptibility to otitis media. *Current opinion in allergy and clinical immunology*, 5(1), 1-4.
- Castells, M. (1997). *The Rise of the Network Society*. Maldon and Oxford: Blackwell Publishers.
- Castro, D., Heller, I. & Marcos, D. (2002). Ciência, Ética e Tecnologia: uma abordagem multidisciplinar. In: Congresso Brasileiro de Biblioteconomia e Documentação, Fortaleza, Brasil.
- Centro de Inovação em Biotecnologia - BIOCANT (2012). Apresentação. *BIOCANT Park*. Acedido em 17 Outubro de 2013, de <http://www.biocant.pt/apresentacao.aspx>

- Centro de Genética Clínica (2012). Diagnóstico Molecular de Surdez Congénita (Sindrômica e Não Sindrômica). *CGC Genetics*. Acedido em 30 Julho de 2012, de <http://www.cgcgenetics.com/cgc/pt/dms/cgc/Analises/PT/CGC-folheto-A4-Noonan---PT-06-03-2012/CGC%20folheto%20A4%20Noonan%20-%20PT%2013-07-2012.pdf>
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (2008). Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras. *Centro de Gestão e Estudos Estratégicos*. Acedido em 26 Setembro de 2013, de http://www.cgee.org.br/publicacoes/seminario_internacional.php
- Chaix, B. (2014). Exploração Funcional – Métodos Subjetivos. *Viagem ao Mundo da Audição*. Acedido em 24 Agosto de 2014, de <http://www.cochlea.eu/po/exploracao-funcional/methodes-subjectives>
- Chatterjee, S., Kraus, P. & Lufkin, T. (2010). A symphony of inner ear developmental control genes. *BMC Genetics*, 11, 68.
- Chinetti, V., Iossa, S. G., Corvino, V., De Luca, M., De Falco, F., Giannini, P., . . . Franzè, A. (2011). Mutational analysis for GJB2, GJB6, and GJB3 genes in Campania within a universal neonatal hearing screening programme. *International Journal of Audiology*, 50(12), 866-870.
- Choo, D., & Meinzen-Derr, J. (2010). Newborn Hearing Screening in 2010. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 18(5), 399-404.
- Ciência Hoje (2013). Acordo nas negociações do Programa Quadro de Investigação e Inovação 2014-2020. *Ciência Hoje*. Acedido em 18 Setembro de 2013, de <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=58025&op=all>
- Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica (2013). NERRI - Neuro-Enhancement: Responsible Research and Innovation. *Ciência Viva*. Acedido em 26 Setembro de 2014, de <http://www.cienciaviva.pt/projinternacionais/nerri/index.asp?acao=acessivel>
- Clarke, A. E., Mamo, L., Fishman, J. R., Shim, J. K. & Fosket, J. R. (2003). Biomedicalization: Technoscience, Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine. *American Sociological Review*, 68, 161-194.
- Claridge, S. (2012). Will stem cell success mean hearing aids become redundant? *Hearing Aid Know*. Acedido em 2 Novembro de 2012, de <http://www.hearingaidknow.com/2012/10/30/stem-cell-hearing-loss/>
- Cochlear Hearing Implants (s.d.). The World's Leading Hearing Implant. *Cochlear Hearing Implants*. Acedido em 22 Março de 2012, de <http://www.cochlear.com/wps/wcm/connect/us/home>
- Coenen, C., Schuijff, M., Smits, M., Klaassen, P., Hennen, L., Rader, M., et al. (2009). *Human Enhancement (STOA - Science and Technology Options Assessment)*. Bruxelas: European Parliament.
- College of Arts & Sciences – University of Washington (2012). Hearing Aids: The Brain Connection. *University of Washington*. Acedido em 18 Julho de 2014, de <http://www.artsci.washington.edu/newsletter/april2012/HearingAids.asp>
- Comissão de Educação e Ciência (2010). *A Ciência em Portugal - Relatório*. Lisboa: Assembleia da República.
- Comissão Europeia (s.d.). Avaliação das Tecnologias da Saúde. *Panorama – Comissão Europeia*. Acedido em 27 Março de 2014, de http://ec.europa.eu/health/technology_assessment/policy/index_pt.htm
- Consulting, IT & Outsourcing Professional Services - Everis (2013). Saúde e Serviços Sociais. *Everis*. Acedido em 6 Agosto de 2013, de <http://www.everis.com/brazil/pt-BR/setores/Paginas/saude.aspx>

- Consumer Innovations (2003). Hearing Benefit. *Health Innovations*. Acedido em 6 Agosto de 2013, de <http://www.health-innovations.com/index.php>
- Costa, M. F. (2012). *Dicionário de termos médicos*. Lisboa: Porto Editora.
- Crocetti, A., Forti, S. & Del Bo, L. (2011). Neurofeedback for subjective tinnitus patients. *Auris Nasus Larynx*, 38(6), 735-738.
- Davies, A., Blakeley, A., Kidd, C. & McGeown, J. (2001). *Human Physiology*. Churchill Livingstone: Harcourt Publishers Limited.
- Davis, S. & Stevens, H. (1983). *Hearing: Its Psychology and Physiology*. New York: Acoustical Society of Amer.
- De Almeida, S. (2007). Os Genes da Surdez. In *Apresentação no Serviço Genética Médica do Hospital D. Estefânia*. Lisboa: Hospital D. Estefânia.
- Decker, M. & Ladikas, M. (Eds.). (2004). *Bridges between Science, Society and Policy: Technology Assessment - Methods and Impacts*. Germany: Springer.
- Denes, P. & Naunton, R. F. (1950). The clinical detection of auditory recruitment. *The Journal of Laryngology & Otology*, 65(7), 375-398.
- Dillon, H. (2014). Objective Cortical Evaluation on Infants Wearing Hearing Aids - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (2011). Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional. *DGEEC*. Acedido em 16 Setembro de 2013, de <http://www.dgeec.mec.pt/np4/206/>
- Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (2014). Despesas em I&D: Portugal e EU-15. *DGEEC*. Acedido em 11 Fevereiro de 2015, de [http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=460&fileName=Despesa_I_D_2012.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=460&fileName=Despesa_I_D_2012.pdf)
- Edge, A. S., Kempfle, J. S. & Shi, F. (2012). Wnt-responsive Lgr5-expressing stem cells are hair cell progenitors in the cochlea. *The Journal of Neuroscience*, 32(28), 9639-9648.
- Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art. In *National Systems of Innovation, Institutions and Public Policies, DRUID Conference*, Aalborg, 12-15 Junho 2001.
- Equipe Forebrain (2012). Série “Técnicas da neurociência aplicadas no neuromarketing”: Eletroencefalografia – EEG (parte 1). *Forebrain - O pensamento ao seu alcance*. Acedido em 2 Abril de 2014, de <http://www.forebrain.com.br/serie-tecnicas-da-neurociencia-aplicadas-no-neuromarketing-eletroencefalografia-eeeg-parte-1/>
- Escoval, A. (Coord.) (2014). Pensar a Saúde - Acesso do Cidadão à Inovação Terapêutica-Oncológica. In *Think Tank – Inovar na Saúde*. Lisboa, 3 Dezembro 2014.
- Europäische Akademie. (2004). *TAMI Technology Assessment in Europe Between Method and Impact*. Germany: Europäische Akademie GmbH.
- European Network for Health Technology Assessment - EUnetHTA (s.d.). *EUnetHTA*. Acedido em 27 Março de 2014, de <http://www.eunetha.eu/>
- European Cooperation in Science and Technology - COST (2009). Benefitting from the Digital Revolution. Workshop on Life Enhancement. *COST Foresight 2030*. Acedido em 22 Março de 2012, de <http://www.cost.eu/module/download/7943>

- European Parliamentary Technology Assessment - EPTA (2010). *Routes to sustainable transport – An overview of status and policy strategies for sustainable transport in Europe*. Copenhagen.
- European Public Health (2008). *Innovation and modernization in research and education in public health*. In 30th European Conference on PH Education and Training, Lisboa, 5-8 Novembro 2008.
- European Public Health Association - EUPHA (s.d.). An independent scientific and professional voice for public health in Europe. *EUPHA*. Acedido em 6 Agosto de 2013, de <http://www.eupha.org/>
- European Technology Assessment Group - ETAG (2006). *Technology Assessment on Converging Technologies. Policy Department Economic and Scientific Policy*. Bruxelas: European Parliament.
- Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - FCTUC (2011). Coimbra lidera investigação de desenvolvimento de tecnologias para a saúde. *Universia Portugal*. Acedido em 7 de Outubro de 2013, de <http://noticias.universia.pt/ciencia-tecnologia/noticia/2011/02/17/791766/coimbra-lidera-investigao-desenvolvimento-tecnologias-saude.html>
- Farmacêuticas obrigadas a devolver dinheiro se medicamento não resolver. (2014, 28 de Julho). *Diário de Notícias*, pp. 4-5.
- Feldman, J., Lutich, A. & Ohlinger, A. (2012). Optically Trapped Gold Nanoparticle Enables Listening at the Microscale. *Physical Review Letters*, 108. doi: 10.1103/PhysRevLett.108.018101
- Feller-Länzlinger, R., Haefeli, U., Rieder, S., Biebricher, M. & Weber, K. (2010). *All sized up. Counting, calculating and controlling in the knowledge-based society*. TA-SWISS Zentrum für Technologiefolgen - Abschätzung. Acedido em 18 de Janeiro de 2013, de http://www.ta-swiss.ch/incms_files/filebrowser/Indikatoren_Kurzfassung_TA-SWISS.pdf
- Ferreira, A. J. (2009). *Sistema de Identificação pessoal baseado em sinais de EEG* (Dissertação de Mestrado). Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, Portugal.
- Feng, A., Narins, P. M., Xu, C., Lin, W., Yu, Z., Qiu, Q., . . . Shen, J. (2006). Ultrasonic Communication in Frogs. *Nature*, 440, 333-336.
- Festen, J. & Plomp, R. (1983). Relations between auditory functions in impaired hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73(2), 652-662.
- Fletcher, H. & Munson, W. A. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Bell System Technical Journal*, 12, 377-430.
- Foldvary-Schaefer, N. & Wyllie, E. (2007). Epilepsy. In: C. Goetz (Ed.), *Textbook of Clinical Neurology*, Cap. 52. (3ª ed). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Forum Besser Hören (2002). Hearing aids stimulate brain activity. *Hear-it – Hearing loss and Hearing loss treatment*. Acedido em 26 de Agosto de 2014, de <http://www.hear-it.org/Hearing-aids-stimulate-brain-activity>
- Fowler, E. (1928). Marked Deafened Areas in Normal Ears. *Archives Otolaryngology*, 8(2), 151-155.
- Fowler, E. (1937). The diagnosis of diseases of the neural mechanism of hearing by the aid of sounds well above threshold. *The Laryngoscope*, 47(5), 289-300.
- Fraser, W., Petty, J. & Elliott, D. (1970). Adaptation: Central or Peripheral? *The Journal of the Acoustical Society of America*, 47, 1016-1021.
- Fryauf-Bertschy, H., Tyler, R., Kelsay, D., Gantz, B. & Woodworth, G. (1997). Cochlear Implant Use by Prelingually Deafened Children: The Influences of Age at Implant and Length of Device Use. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40, 183-199.

- Fukuyama, F. (2002). *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. New York: Picador.
- Gabinete do Coordenador Nacional (2005). *Plano Tecnológico - Uma estratégia de crescimento com base no Conhecimento, Tecnologia e Inovação*. Acedido em 15 de Dezembro de 2012, de <http://www.cnel.gov.pt/document/OPlanoTecnologico.pdf>
- Galen Last, N. & Zandbrink, H. (2010). *Emotion Detection Using EEG Analysis*. Delft: Delft University of Technology.
- Gatehouse, S. & Killion, M. C. (1993). HABRAT: Hearing Aid Brain Rewiring Accommodation Time. *Hearing Instruments*, 44(10), 29-32.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: SAGE Publications.
- Godinho, M. (2007). Indicadores de C&T, inovação e conhecimento: onde estamos? Para onde vamos? *Análise Social*, 42(182), 239-274.
- Godinho, M. & Simões, V. (2005). *I&D, Inovação e Empreendedorismo 2007-2013*. Lisboa: ISEG.
- Gomes, A. (2008). *Estudo da Microestrutura do Sono em Surdos: estudo descritivo da microestrutura do sono em surdos vs casos controlo de indivíduos sem défice auditivo* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Gomes, M. & Bello, H. (Janeiro - Março de 2004). Maturação cerebral e eletroencefalograma. *Revista Brasileira de Neurologia*, 40(1), 5-13.
- Goodman, C. S. (2004). *HTA 101: Introduction to Health Technology Assessment*. Falls Church, Virginia: The Lewin Group.
- Gorga, M. P., Beauchaine, k. A. & Reiland, J. K. (1987). Comparison of onset and steady-state responses of hearing aids: implications for use of the auditory brainstem response in the selection of hearing aids. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 30(1), 130-136.
- Graça, A., Silvério, C., Ferreira, J., Brito, A., Almeida, S., Paixão, P. & Pinheiro, L. (2004). Citomegalovirus, Infecção congénita ou neonatal? *Acta Médica Portuguesa*, 17, 335-340.
- Grandori, F. & Lutman, M. (1999). The European Consensus Development Conference on Neonatal Hearing Screening (Milan, May 15–16, 1998). *American Journal of Audiology*, 8, 19-20.
- Grin, J., Van Graaf, H. & Hoppe, R. (Eds.) (1997). *Technology Assessment through interaction: a guide*. The Hague: Rathenau Instituut.
- Grunwald, A. (2003). Technology assessment at the German Bundestag: 'Expertising' democracy for 'democratising' expertise. *Science and Public Policy*, 30(3), 193-198.
- Grunwald, A. (2006). Scientific independence as a constitutive part of parliamentary technology assessment. *Science and Public Policy*, 33(2), 103-114.
- Grunwald, A. (2007a). Converging technologies: Visions, increased contingencies of the conditio humana, and search for orientation. *Futures*, 39(4), 380-392.
- Grunwald, A. (2007b). Editorial. *Journal of Foresight and Innovation Policy*, 1, 1-5.
- Grunwald, A., & Kopfmüller, J. (2006). *Nachhaltigkeit*. Frankfurt: Campus Verlag GmbH.
- Grupo de Estudo sobre Avaliação de Tecnologia – GrEAT (2011). Wikipedia – Tipos e conceitos de Avaliação de tecnologia. *GrEAT – Avaliação de Tecnologia*. Acedido em 27 Janeiro de 2015, de <https://avaliacaotecnologia.wordpress.com/actividades-great/pagina-da-wikipedia->

portuguesa-sobre-avaliacao-de-tecnologia/wikipedia-tipos-e-conceitos-de-avaliacao-de-tecnologia/

- Grupo de Rastreio e Intervenção da Surdez Infantil – GRISI (Setembro-Outubro 2007). Recomendações para o Rastreio Auditivo Neonatal Universal (RANU). *Acta Pediátrica Portuguesa*, 38(5), 209-214.
- Guerreiro, H. (2007). *Processos Fonológicos na Fala da Criança de Cinco Anos*. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Saúde do Alcoitão da Santa Casa da Misericórdia de Lisboa. Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa, Portugal.
- Guglielmi, M., Lascar, S., Mastrocola, V. & Williams, E. (2006). Evaluating R&D with "First Bounce-Last Bounce" Framework: Application to the European Space Agency Demonstrates the Usefulness of a New Methodology for Assessing R&D Programs. *Research-Technology Management*, 49(1), 44-50.
- Guix, E. (2007). *Molecular basis of deafness linked to mitochondrial DNA mutations* (Tese de Doutoramento). Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Espanha.
- Guyton, A. (1981). *Fisiologia Humana* (5ª ed). Rio de Janeiro: Ed. Interamericana.
- Habermas, J. (2001). *Die Zukunft der menschlichen Natur*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Hamerschmidt, R., Mocellin, M., Gasperin, A., Faria, J., Trevizan, G., Wiemes, G. & Kutianski, V. (Setembro-Outubro 2010). Anestesia local e sedação para cirurgia de implante coclear: uma alternativa possível. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 76(5), 561-564.
- Hamill, A. & Stein, C. (2011). Culture and empowerment in the Deaf community: An analysis of internet weblogs. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 21(5), 388-406.
- Hammond, D. (2005). Neurofeedback with anxiety and affective disorders. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 14(1), 105-123.
- Hardt, J. & Kamiya, J. (1978). Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects. *Science*, 201(4350), 79-81.
- Hare, R. (1996). Foundationalism and coherentism in ethics. In W. T. Sinnott-Armstrong & M. Timmons (Eds.), *Moral Knowledge?: New Readings in Moral Epistemology*. Oxford: Oxford University Press.
- Hennen, L. (1999). Participatory technology assessment: A response to technical modernity? *Science and Public Policy*, 26(5), 303-312.
- Hennen, L. (2001). TA in Biomedicine and Healthcare—from clinical evaluation to policy consulting. *TA-Datenbank-Nachrichten*, 10, 13-22.
- Hennen, L. & Nierling, L. (2014). A next wave of Technology Assessment? Barriers and opportunities for establishing TA in seven European countries. *Science and Public Policy* 41(3). Acedido em 18 Julho de 2014, de <http://spp.oxfordjournals.org/content/early/2014/04/21/scipol.scu020>. doi: 10.1093/scipol/scu020
- Herdman, R. C. & Jensen, J. E. (1997). The OTA Story: The Agency Perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 54(2), 131-143.
- Hilgert, N., Smith, R. & Van Camp, G. (2009a). Forty-six genes causing nonsyndromic hearing impairment: Which ones should be analyzed in DNA diagnostics? *Mutation Research*, 681, 189-196.
- Hilgert, N., Smith, R. & Van Camp, G. (2009b). Function and expression pattern of nonsyndromic deafness genes. *Current Molecular Medicine*, 9(5), 546-564.

- HorizonHealth (s.d.). In touch with European research. *HorizonHealth*. Acedido em 27 Março de 2014, de <http://www.horizonhealth.eu/#w3s-allow-cookies=false>
- Horlings, R., Datcu, D. & Rothkrantz, L. J. (2008). Emotion recognition using brain activity. In *CompSysTech '08 Proceedings of the 9th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing*, Vol. 374, New York, Julho 2008.
- House Clinic (2004). Auditory Brainstem Implants. *House Clinic*. Acedido em 23 Março de 2012, de <http://www.houseearclinic.com/eardisease/auditorybrainstem>
- Huh, S., Jones, J., Warchol, M. E. & Ornits, D. M. (2012). Differentiation of the Lateral Compartment of the Cochlea Requires a Temporally Restricted FGF20 Signal. *PLoS Biol* 10(1). Acedido em 12 Agosto de 2014, de <http://www.plosbiology.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.1001231>. doi:10.1371/journal.pbio.1001231
- iHealth Innovation Bank (s.d.). *iHealth Bank*. Acedido em 28 Agosto de 2013, de <http://www.ihealthbank.org/>
- Implante Coclear.Net (s.d.). O que é o implante coclear?. *Implante Coclear Informações para quem deseja saber se implante é uma opção*. Acedido em 30 Setembro de 2014, de <http://implantecoclear.net/>
- Instituto Nacional de Estatística (Ed.) (2009). *Projeções de população residente em Portugal 2008-2060*. Lisboa: Autor.
- Instituto Nacional de Estatística (2012). Censos 2011 – 6.21 População residente com 5 ou mais anos segundo o tipo de dificuldade e sexo, por grau de dificuldade sentido. *Portal do Instituto Nacional de Estatística*. Acedido em 8 Agosto de 2014, de http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_quadros_populacao
- Instituto de Neurologia Funcional (2012). Eletroencefalograma com Mapeamento. *Instituto Neurologia Funcional*. Acedido em 22 Agosto de 2014, de <http://www.neurologia.srv.br/eletroencefalograma-com-mapeamento>
- Instituto Superior de Economia e Gestão (2010). Sustentabilidade e Competitividade na Saúde em Portugal. *Health Cluster Portugal - Pólo de Competitividade da Saúde*. Acedido em 18 Setembro de 2013 de <http://healthportugal.com/Quem%20somos/documentos/sustentabilidade-e-competitividade-na-saude-em.pdf-1>
- International Network of Agencies for Health Technology Assessment – INAHTA (s.d.). HTA Resources. *INAHTA*. Acedido em 27 Março de 2014, de <http://www.inahta.org/HTA/>
- ISO 389-7 (1996). *Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions*. Genève: International Organization for Standardization Acoustics.
- Jakubíková, J., Kabátová, Z., Pavlovčinová, G. & Profant, M. (2009). Newborn hearing screening and strategy for early detection of hearing loss in infants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 73(4), 607-612.
- Jenstad, L. M., Marynewich, S. & Stapells, D.R. (2012). Slow cortical potentials and amplification—Part II: Acoustic measures. *International Journal of Otolaryngology*. doi: 10.1155/2012/386542
- Jerger, J., Sheed, J. & Harford, E. (1959). On the detection of extremely small changes in sound intensity. *AMA Archives Otolaryngology*, 69(2), 200-211.
- Johns Hopkins Medicine (2015). Found: A Likely New Contributor to Age-Related Hearing Loss - Paul Fuchs. *Johns Hopkins Medicine*. Acedido em 29 Julho de 2015, de http://www.hopkinsmedicine.org/news/media/releases/found_a_likely_new_contributor_to_age_related_hearing_loss

- Johns Hopkins Medicine (s.d.). The Healthy Body - The Hidden Risks of Hearing Loss. *Johns Hopkins Medicine*. Acedido em 10 Agosto de 2014, de http://www.hopkinsmedicine.org/health/healthy_aging/healthy_body/the-hidden-risks-of-hearing-loss
- Joint Committee on Infant Hearing (2000). Position Statement. Principles and Guidelines for early detection and intervention programs. *American Journal of Audiology*, 9(1), 9-29.
- Joint Committee on Infant Hearing (2007). Position Statement. Principles and Guidelines for early detection and intervention programs. *American Journal of Audiology*, 120, 898-921.
- Joss, S. & Bellucci, S. (Eds.). (2002). *Participatory Technology Assessment - European Perspectives*. Centre for the Study of Democracy at University of Westminster in association with TA Swiss, London: University of Westminster.
- Juarez, A. P. (1992). Intervenção fonoaudiológica da surdez infantil. In J. Casanova, *Manual de Fonoaudiologia* (2ª ed., pp. 190-211). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Kalache, A., Veras, R. & Ramos, L. (1987). O envelhecimento da população mundial: um desafio novo. *Revista Saúde Pública*, 21(3), 200-210.
- Katz, J., Stewart, S., Gow, T. & Martin, B. (2001). Science Foresight Project Final Report. *Defence Science and Technology Laboratory UK – University of Sussex*. Acedido em 22 Março de 2012, de <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/foresight/SFP-documents/SFPfinal.pdf>
- Kelmann, G. & Bernardo, W. (2012). O eletroencefalograma com mapeamento cerebral é superior ao eletroencefalograma tradicional no diagnóstico de patologias neurológicas?. *Revista da Associação Médico Brasileira*, 58(1), 10.
- Khushf, G. (2004). The Ethics of NBIC Convergence for Human Enhancement: On the task of framing a responsible future. In: *Presentation at NBIC Convergence, New York, 2004*.
- Kinsella, K. & He, W. (2009). *An Aging World: 2008 U.S. Census Bureau (Series P95/09-1)*. Washington DC: U.S. Government Printing Office.
- Kochkin, S. (2012). Introduction to Hearing Loss. *Eastside Audiology & Hearing Services*. Acedido em 12 Maio de 2014, de <http://www.eastsideaudiology.com/hearing-resources>
- Koelewijn, T., Zekveld, A. A., Festen, J. M., Rönnberg, J. & Kramer, S. E. (2012). Processing load induced by informational masking is related to linguistic abilities. *International Journal of Otology*, 2012. doi:10.1155/2012/865731
- Kofoed-Wiuff, A., Filippidis, A., Karlsson, K. & Moro, S. (2009). *Future energy systems in Europe (European Parliament – STOA)*. Bruxelas: European Parliament.
- Kristensen, H. & Jepsen, O. (1952). Recruitment in Otoneurological Diagnostics. *Acta Otolaryngologica*, 42(6), 553-560.
- Kronenberger, W., Beer, J., Castellanos, I., Pisoni, D. & Miyamoto, R. (2014). Neurocognitive Risk in Children With Cochlear Implants. *Journal of the American Medical Association Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 140(7), 608-615.
- Kuhl, P. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 831-843.
- Kuwahara, T. (2001). Technology Foresight in Japan - The Potential and Implications of DELPHI Approach. In *International Conference on Technology Foresight – The approach to and the potential for New Technology Foresight*, Tóquio, Março 2001.
- La Confederación Española de Familias de Personas Sordas - FIAPAS (2005). Detección precoz de la sordera. *FIAPAS*. Acedido em 15 Dezembro de 2012, de http://www.fiapas.es/FIAPAS/recursosdeayuda_a.html

- Lafortune, L., Farand, L., Mondou, I., Sicotte, C. & Batista, R. (2008). Assessing the performance of HTA Organizations: A Framework. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 24(1) 76-86.
- Leal, A. J. (2008). *Functional mapping of human brain networks with high temporal and spatial resolution methods* (Tese de Doutoramento). Departamento de Biologia Animal da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Lee, P. & Su, H. (2011). Quantitative mapping of scientific research - The case of electrical conducting polymer nanocomposite. *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 132-151.
- Lei nº 56/79 de 15 de Setembro (1979). *Diário da República 1ª Série*, nº 214/79. Lisboa, Portugal.
- Leigh-Paffenroth, E. & Murnane, O. (2011). Auditory steady state responses recorded in multitalker babble. *Journal of Audiology*, 50(2), 86-97.
- Liberalesso, P. (2008). Conceitos fundamentais em eletroencefalografia. *Unidade de neurologia Infantil do Hospital Pequeno Príncipe - UNIPP*. Acedido em 13 Agosto de 2014, de http://www.neuropediatria.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=193:the-influence-of-drugs-in-the-vestibulocochlear-system-in-childhood-a-special-focus-on-the-mechanism-of-injury&catid=50:outros-temas&Itemid=109
- Lindsey-Henderson, S. (2013). Ethics in hearing healthcare - the basics. *AudiologyOnline*, Artigo 11568. Acedido em 7 Abril de 2015, de <http://www.audiologyonline.com/articles/ethics-in-hearing-healthcare-basics-11568>
- Logue, A. W. (1976). Individual differences in magnitude estimation of loudness. *Perception and Psychophysics*, 19(3), 279-280.
- López Cerezo, J. A., Luján, J. L., Martín Gordillo, M. & Osorio, C. (2003). Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madrid: OEI.
- López-Escamez, J. A. (2011). Papel de la medicina genómica en las enfermedades del oído medio e interno. *Acta Otorrinolaringológica Española*. Acedido em 28 Novembro de 2012, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001651911000999>. doi: 10.1016/j.otorri.2011.04.003
- Lorenzi, A., Camilleri, M., Venail, F. & Chaix, B. (2013). Quais os tratamentos actuais?. *Viagem ao Mundo da Audição*. Acedido em 24 Agosto de 2014, de <http://www.cochlea.org/po/tratamentos>
- Luft, C. & Andrade, A. (2006). A pesquisa com EEG aplicada à área de aprendizagem motora. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6(1), 106-115.
- Lunner, T. (2014). Don't Forget the Brain: Hearing Loss and Hearing Aids - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Lush, M. & Piotrowski, T. (2014). Sensory hair cell regeneration in the zebrafish lateral line. *Developmental Dynamics (Impact Factor: 2.59)*. doi: 10.1002/dvdy.24167
- Lüscher, E. & Zwislocki, J. (1949). A simple method for indirect monaural determination of the recruitment phenomenon (difference limen in intensity in different types of deafness). *Acta Oto-Laryngologica (Supplementum)*, 78, 156-168.
- Magnan, J., Manrique, M., Dillier, N., Snik, A. & Häusler, R. (2005). International consensus on middle ear implants. *Acta Oto-Laryngologica*, 125, 920-921.
- Malmivuo, J. & Plonsey, R. (1995). *Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. New York: Oxford University Press.

- Malsch, I. (Ed.). (2004). Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology. *Nanoforum General Report*. Acedido em 22 Março de 2012, de <http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report3.pdf>
- Mandal, S., Zhak, S. M. & Sarpeshkar, R. (2009). A Bio-Inspired Active Radio-Frequency Silicon Cochlea. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 44(6), 1814-1928.
- Manrique, M., Cervera-Paz, F. J., Huarte, A. & Molina, M. (2004). Prospective long-term auditory results of cochlear implantation in prelinguistically deafened children: the importance of early implantation. *Acta Oto-laryngologica (Supplementum)*, 552, 55-63.
- Marques Rosa, I. (2002). *Comportamento do Limiar Diferencial de Intensidade da Dinâmica Auditiva na Surdez Neurossensorial*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Martin, B. (1995). Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis and Strategic Management*, 7(2), 139-168.
- Martin, C, Williams-Jones, B. & De Ortúzar, M. G. (2011). Ethical health technology assessment in Latin America: lessons from Canada and Argentina. *Acta Bioethica*, 17(2), 225-236.
- Matias, M. (2010a). Report on a European initiative on Alzheimer's disease and other dementias (2010/2084(INI)). In *European Parliament - Committee on the Environment, Public Health and Food Safety*, Bruxelas, 2010.
- Matias, M. (2010b). Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2001/83/EC as regards the prevention of the entry into the legal supply chain of medicinal products which are falsified in relation to their identity. In *European Parliament - Committee on the Environment, Public Health and Food Safety*, Bruxelas, 2010.
- Matkin, N. D. (1984). Early recognition and referral of hearing-impaired children. *Pediatrics in Review*, 6, 151.
- Mazzoli, M., Van Camp, G., Newton, V., Giarbini, N., Declau, F. & Parving, A. (2003). Recommendations for the description of genetic and audiological data for families with nonsyndromic hereditary hearing impairment. *Hearing Loss*. Acedido em 28 Agosto de 2013, de <http://hereditaryhearingloss.org/main.aspx?c=HHH&n=86638>
- McCandless, G. A. (1994). Overview and rationale of threshold-based hearing aid selection procedures. In M. Valente, *Strategies for Selecting and Verifying Hearing Aid Fittings* (pp. 1-18). New York: Thieme.
- McCreery, R. (2014). Beyond Newborn Hearing Screening: Brain Implications for Pediatric Amplification - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- McGill, W. J. (1960). The Slope of the Loudness Function: A Puzzle. In H. M. Gulliksen, *Psychological Scaling: Theory and Applications: Report of a Conference* (pp. 67-81). New York: Willey.
- Mehler, J. & Dupoux, E. (1994). *Nascer Humano*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Meldeu, D. (s.d.). Eletroencefalograma. *InfoEscola – Navegando e Aprendendo*. Acedido em 21 Agosto de 2014, de <http://www.infoescola.com/exames-medicos/eletroencefalograma/>
- Ministério da Educação e Ciência (2012). As Empresas e Instituições hospitalares com mais despesa em atividades de I&D em 2010. *Direção-geral de Estatísticas da Educação e Ciência*. Acedido em 16 Setembro de 2013, de [http://www.dgeec.mec.pt/np4/206/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=11&fileName=Ranking2010IPCTN_Publica_o.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/206/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=11&fileName=Ranking2010IPCTN_Publica_o.pdf)

- Ministério da Saúde (2010a). Política do Medicamento, Dispositivos Médicos e Avaliação de Tecnologias em Saúde. *Plano Nacional de Saúde 2012-2016*. Acedido em 3 Fevereiro de 2015, de <http://pns.dgs.pt/files/2010/11/PM1.pdf>
- Ministério da Saúde (2010b). Portal da Saúde - História do Serviço Nacional de Saúde. *Portal da saúde*. Acedido em 6 Agosto de 2013, de <http://www.portaldasaude.pt/portal/conteudos/a+saude+em+portugal/servico+nacional+de+saude/historia+do+sns/historiadosns.htm>
- Ministério da Saúde (2010c). Tecnologias de Informação e Comunicação. *Plano Nacional de Saúde 2012-2016*. Acedido em 22 Agosto de 2013, de <http://pns.dgs.pt/files/2010/03/Tecnologias-de-informacao-e-comunicacao.pdf>
- Ministério da Saúde do Brasil – Secretaria Executiva, Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento (2009). *Avaliação de Tecnologias em Saúde: Ferramentas para a Gestão do SUS*. Brasília: Editora Ministério da Saúde.
- Ministério do Equipamento do Planeamento e da Administração do Território (1995). *Cenários da evolução estrutural da economia portuguesa: 1995-2015*. Lisboa: Departamento de Prospectiva e Planeamento - Núcleo de informação e Comunicação.
- Miyamoto, R., Osberger, M., Todd, S., Robbins, A., Stroer, B., Zimmerman-Phillips, S. & Carney A. (1994). Variables affecting implant performance in children. *Laryngoscope*, 104(9), 1120-1124.
- Monteiro, L. (2010). Grupo de Rastreio e Intervenção na Surdez Infantil. *Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial*, 48(4), 230.
- Moore, B. C. (2000). Use of a Loudness Model for Hearing Aid Fitting. IV. Fitting Hearing Aids with Multi-Channel Compression so as to Restore 'Normal' Loudness for Speech at Different Levels. *British Journal of Audiology*, 34(3), 165-177.
- Moore, K. L. & Dalley, A. F. (2006). *Clinically Oriented Anatomy* (5ª ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Morita, T., Naito, Y., Nagamine, T., Fujiki, N., Shibasaki, H. & Ito, J. (2001). Auditory Evoked Magnetic Fields in Patients with Loudness Recruitment Phenomenon. *The Pennsylvania State University CiteSeerX Archives*. Acedido em 28 Julho de 2013, de http://www.researchgate.net/publication/2898948_Auditory_Evoked_Magnetic_Fields_in_Patients_with_Loudness_Recruitment_Phenomenon
- Morton, C. & Nance, W. (2006). Newborn Hearing Screening - A Silent Revolution. *The New England Journal of Medicine*, 354, 2151-2164.
- Mueller, G. (2013). 20Q: Hearing Aids – The Brain Connection (Kelly Tremblay). *Audiology Online*. Acedido em 8 Janeiro de 2013, de <http://www.audiologyonline.com/articles/20q-hearing-brain-11538>
- Munro, K. J., Purdy, S. C., Ahmed, S., Begum, R. & Dillon, H. (2011). Obligatory cortical auditory evoked potential waveform detection and differentiation using a commercially available clinical system: HEARLab. *Ear and Hearing*, 32, 782–786.
- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders – NIDCD (2005). Strategic Plan FY 2006-2008. *National Institute on Deafness and Other Communication Disorders – NIDCD*. Acedido em 11 Fevereiro de 2013, de <http://www.nidcd.nih.gov/StaticResources/about/plans/strategic/strategic06-08.pdf>
- Neuman, A. (2014). Amplification and the Brain: Current Knowledge and Future Directions - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech Language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014

- Neuro Sapiens (s.d.). Electroencefalograma – Análise Espectral. *Neuro Sapiens*. Acedido em 29 Julho de 2014, de <https://sites.google.com/a/neurosapiens.com/neurosapiens/eletroencefalograma/analise-espectral>
- New York State Department of Health, Early Intervention Program (2007). *Clinical Practice Guideline: Report of the Recommendations. Hearing Loss, Assessment and Intervention for Young Children (Age 0–3 Years)*. Albany (NY): NYS Department of Health.
- Newman, A. (2006). From the Editor. *Trends in Amplification*, 10(3), 117-118
- Newman, N., Porter, A., Roessner, J., Kongthon, A. & Jin, X-Y. (2010). Differences Over a Decade: High Tech Capabilities and Competitive Performance of 28 Nations. *Research Evaluation*, 14(2), 121-128.
- Nigro, G., Scholz, H. & Bartmann, U. (1994). Ganciclovir therapy for symptomatic congenital cytomegalovirus infection in infants: a two-regimen experience. *The Journal of Pediatrics*, 124(2), 318-322.
- Nordmann, A. (2004). *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. European Commission Research. European Communities.
- Novaes, H. (2006). Da produção à avaliação de tecnologias dos sistemas de saúde: desafios do século XXI. *Revista Saúde Pública*, 40, 73-78.
- Novaes, H. & Elias, F. (2013). Uso da avaliação de tecnologias em saúde em processos de análise para incorporação de tecnologias no Sistema Único de Saúde no Ministério da Saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 29(Supl. 1), s7-s16.
- Nunes, C. & Maia, P. (2008). *O financiamento de projectos públicos – algumas perspectivas futuras. Documento de Trabalho n.º 12/2008*. Lisboa: Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Nunes, M. (1997). *Trabalho em Equipa em Educação*. Comunicação realizada no 2º Curso de Trabalho em Equipa em Saúde, Educação e Reabilitação, ISPA, Lisboa.
- Observatório das Ciências e das Tecnologias (Ed.). (Setembro de 1998). Perfil da Investigação Científica em Portugal nas Ciências da Saúde. *Direcção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência*. Acedido em 16 Setembro de 2013, de [http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=11&fileName=PC_Saude.PDF](http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=11&fileName=PC_Saude.PDF)
- Observatório Português dos Sistemas de Saúde - OPSS (2008). *Relatório de Primavera 2008 - Sistema de Saúde Português – Riscos e Incertezas*. Coimbra: Centro de Estudos e Investigação em Saúde da Universidade de Coimbra.
- Office of Technology Assessment (1976). Development of Medical Technologies: Opportunities for Assessment. *OTA Health Program Advisory Committee*. Acedido em 18 Dezembro de 2012, de http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_5/DATA/1976/7617.PDF
- Ohlemiller, K. & Gagnon, P. (2007). Genetic Dependence of Cochlear Cells and Structures Injured by Noise. *Hearing Research*, 224(1-2), 34-50.
- Olusanya, B., Luxon, L. & Wirz, S. (2004). Infant Hearing Screening: route to informed choice. *Archives of Disease in Childhood*, 89(11), 1039–1040.
- Olusanya, B., Luxon, L. & Wirz, S. (2006). Ethical issues in screening for hearing impairment in newborns in developing countries. *Journal of Medical Ethics*, 32(10), 588–591.

- Omnimagem (2010). Mapeamento Cerebral. *Omnimagem – diagnóstico para uma vida saudável*. Acedido em 22 Agosto de 2014, de http://omnimagem.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=138
- Organización de Estados Iberoamericanos. (2002). Tecnologia, Inovação e Sociedade. *Organización de Estados Iberoamericanos*. Acedido em 28 Agosto de 2013, de <http://www.oei.es/salactsi/milton.htm>
- Ortigueira, M. D. (2005). *Processamento Digital de Sinais*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Ortigueira, M. (2007/2008). *Teoria dos Sistemas. Textos de Apoio: Licenciatura em Engenharia Física; Engenharia e gestão Industrial; Engenharia Mecânica; e Engenharia Química; Ano Letivo 2007/2008*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Paddock, C. (2014). Next-generation hearing aids emulate fly's ability to pinpoint sound. *Medical News Today*. Acedido em 28 Julho de 2014, de <http://www.medicalnewstoday.com/articles/280000.php>
- Padrão, I. (2013). Obama investe para se traçar "mapa" do cérebro humano. *Diário de Notícias – Ciência*. Acedido em 23 Setembro de 2014, de http://www.dn.pt/inicio/ciencia/interior.aspx?content_id=3142459&page=1
- Parlamento Europeu (2006). Sétimo Programa-Quadro (2007-2013). *EUROPA - O Portal oficial da União Europeia*. Acedido em 13 Janeiro de 2012, de http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/i23022_pt.htm
- Parlamento Europeu (2013). Horizonte 2020 – Programa-Quadro de Investigação e Inovação. *Quadro de Referência Estratégico Nacional*. Acedido em 8 Fevereiro de 2014, de <http://www.qren.pt/np4/np4/?newsId=4046&fileName=Horizonte2020.pdf>
- Patterson, R., Nimmo-Smith, I., Weber, D. & Milroy, R. (1982). The deterioration of hearing with age: frequency selectivity, the critical ratio, the audiogram, and speech threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(6), 1788-1803.
- Pereira, P. & Oliveira, P. (2003). *Introdução à Macroeconomia Aposentados Retirados de Economia da Educação. Textos de Apoio: Licenciatura em Gestão; 2º Semestre Ano Letivo 2002/2003*. Universidade da Madeira, Funchal.
- Pereira, T. Rodrigues, A., Carvalho, A., & Nunes, J. (2010). Parlamento e Conhecimento Científico. In J. Viegas, S. Santos, & S. Faria (Eds.), *A Qualidade da Democracia em Debate* (pp. 65-89). Lisboa: Editora Mundos Sociais.
- Perleth, M. & Wild, C. (2001). Possibilities for partial integration of Health Technology Assessment (HTA) and Technology Assessment (TA). *TA-Datenbank-Nachrichten*, 10, 55-58.
- Peters, B. (Janeiro 2006). Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults. *Cochlear Corporation Publication*, 1-8.
- Peters, B., Litovsky, R., Parkinson, A. & Lake, J. (2005). Importance of Post-Implantation Experience on Performance in Children with Bilateral Cochlear Implants. *10th Symposium on Cochlear Implants in Children*. Dallas, Texas, Março 2005.
- Petry, T., Santos, S. & Costa, M. (2010). Efeito da aclimatização em novos usuários de próteses auditivas lineares e não lineares. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 15(4), 526-532.
- Phillips, D. (1987). Stimulus intensity and loudness recruitment: neural correlates. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 82(1), 1-12.

- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2015). Can you actually hear 'inaudible' sound? Limits of human hearing (infrasound and ultrasound) examined. *ScienceDaily*. Acedido em 29 Julho de 2015, de www.sciencedaily.com/releases/2015/07/150710123506.htm
- Pinheiro, N. (2005). *Educação Crítico-Reflexiva para um Ensino Médio Científico-Tecnológico: A Contribuição do Enfoque CTS para o Ensino-Aprendizagem do Conhecimento Matemático*. (Tese Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Pinheiro, N., Silveira, R. & Bazzo, W. (2009). O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49 (1).
- Pohlman, A. & Kranz, F. W. (1924). Binaural minimum audition in a subject with ranges of deficient acuity. *Experimental Biology and Medicine*, 20(6), 335-337.
- Pollack, I. (1952). The loudness of bands of noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 24, 533-538.
- Pólo de Competividade das Tecnologias de Informação, Comunicação e Electrónica - TICE (2011). Healthy sistemas para a saúde e qualidade de vida. *TICE*. Acedido em 20 Setembro de 2013, de <http://tice.pt/home.aspx>
- Ponton, C. & Eggermont, J. J. (2001). Of kittens and kids: altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. *Audiology & Neuro-Otology*, 6(6), 363-380.
- PORDATA – Base de Dados Portugal Contemporâneo (2014). População Residente na Europa. *PORDATA*. Acedido em 11 Março de 2015, de <http://www.pordata.pt/Europa/Populacao+residente-1951>
- Presidência do Conselho de Ministros (2002). *PROINOV - Programa Integrado de Apoio à Inovação*. Lisboa: Gabinete do PROINOV.
- Programa Operacional Factores de Competividade - COMPETE (2009). Cooperar para Melhor Competir - Pólos de Competividade e Tecnologia & Outros Clusters. *COMPETE*. Acedido em 16 Agosto de 2013, de <http://www.pofc.qren.pt/ResourcesUser/Centro%20Informacao/Biblioteca/Publicacoes/BrochuraPCT.pdf>
- Projeto PACITA – Parliaments and civil society in Technology Assessment (s.d.). *PACITA*. Acedido em 12 Janeiro de 2014, de <http://www.pacitaproject.eu/>
- Quadro de Referência Estratégico Nacional - QREN (Setembro de 2010). Relatório Anual do QREN II - 2009. *Quadro de Referência Estratégico Nacional*. Acedido em 5 Janeiro de 2011, de http://www.qren.pt/np4/file/1361/2_Relat_rio_Anual_do_QREN_II_2009.pdf
- Quadro de Referência Estratégico Nacional - QREN (Outubro de 2011). Proposta de Programa Operacional do Norte 2007-2013. *Quadro de Referência Estratégico Nacional*. Acedido em 5 de Novembro de 2011, de http://www.qren.pt/np4/file/1613/1_PO_Norte_Reprograma_o_2011.pdf
- Rabinowitz, W., Lim, J., Braid, L. & Durlach, N. (1976). Intensity perception. VI. Summary of recent data on deviations from Weber's law for 1000 Hz tone pulses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 59(6), 1506-1509.
- Rasmussen, J., Olsen, S. & Nielsen, L. (2012). Evaluation of long-term patient satisfaction and experience with the Baha® bone conduction implant. *International Journal of Audiology*, 51(3), 194-199.
- Rastreio Auditivo Neonatal. (Agosto de 2009). Notícias - *Boletim Informativo do Hospital de Nossa Senhora do Rosário, EPE - Barreiro*, 29, 12.

- Reason, J. T. (1968). Individual Differences in Auditory Reaction Time and Loudness Estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 26, 1089-1090.
- Rebillard, G., Pujol, R. & Trigueiros-Cunha, N. (2013). Funcionamento da Cóclea. *Viagem ao Mundo da Audição*. Acedido em 14 Janeiro de 2014, de <http://www.cochlea.eu/po/coclea/funcionamiento-da-coclea>
- Recommendation BIAP nº 02/1bis. (1996). *Classification audiométrique des déficiences auditives*. Liège: Bureau International d' Audiophonologie (BIAP).
- Reis, J. L. (Ed.). (2002). *Surdez - Diagnóstico e reabilitação* (Vol. II). Lisboa: Servier.
- Restivo, F. J. (1998/1999). *Processamento Digital de Sinais – Tópicos. Textos de Apoio do Departamento de Engenharia Electrónica e de Computadores. Ano Lectivo 1998/1999*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Reuzel, R. (2004). Interactive technology assessment of paediatric cochlear implantation. *Poiesis & Praxis: International Journal of Ethics of Science and Technology Assessment*, 2(2-3), 11-137.
- Reuzel, R., Van der Wilt, G., Ten Have, H. & De Vries Robbé, P. (1999). Reducing normative bias in health technology assessment: interactive evaluation and casuistry. *Medicine, Health Care and Philosophy*, 2(3), 255-263.
- Revista Encontro (2014). Muitas pessoas demoram até seis anos para tratar problemas de audição. *Revista Encontro*. Acedido em 24 Agosto de 2014, de http://sites.uai.com.br/app/noticia/encontro/bh/atualidades/2014/08/21/noticia_atualidades,149981/muitas-pessoas-demoram-ate-seis-anos-para-tratar-problemas-de-audicao.shtml
- Ribeiro, J. M. (2004). *Place's strategic foresight - A look at the future of the Lisbon metropolitan area*. Working Paper: Direcção de Serviços de Prospectiva.
- Rice, K., Blanchard, E. & Purcell, M. (1993). Biofeedback treatments of generalized anxiety disorder: preliminary results. *Biofeedback and self-regulation*, 18(2), 93-105.
- Ringman, S. (2015). One Seattle Children's doctor thinks he's close to stopping SIDS (Dr. Daniel Rubens). *The Seattle Times*. Acedido em 27 Abril de 2015, de <http://www.seattletimes.com/seattle-news/health/one-seattle-childrens-doctor-thinks-he-close-to-stopping-sids/>
- Rip, A. (2001). Technology Assessment. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Vol. 23, pp. 15512-15515). Oxford: Pergamon (Elsevier Science).
- Rip, A., Misa, T. & Schot, J. (Eds.). (1995). *Managing Technology in Society: The Approach of the Constructive Technology Assessment* (2ª ed.). London: Continuum International Publishing.
- Roco, M. & Bainbridge, W. (Eds.). (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance, Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington: U.S. National Science Foundation.
- Roco, M. & Montemagno, C. (Eds.). (2004). *The CoEvolution of Human Potential and Converging Technologies (Annals of the New York Academy of Sciences)*. New York: New York Academy of Sciences.
- Roco, M. & Tomellini, R. (Eds.). (2002). Nanotechnology: Revolutionary Opportunities and Societal Implications. In *3rd Joint EC-NSF Workshop on Nanotechnology - European Commission*, Lecce, 31 Janeiro – 1 Fevereiro 2002.
- Rogers, E. & Shoemaker, F. (1971). *Communication of Innovations: A Cross-Cultural Approach* (2ª ed.). New York: Free Press.
- Rosenberg, N. (1994). How the developed countries became rich. *Daedalus*, 123(4), 127-140.

- Ruah, S. A. & Ruah, C. B. (1998). *Manual de Otorrinolaringologia* (Vol. II). Lisboa: Roche Farmacêutica Química, Lda.
- Russo, I. & Almeida, K. (1995). O Processo de Reabilitação Auditiva do Deficiente Auditivo Idoso. In I. Marchesan, C. Bolaffi, I. Gomes, & J. Zorzi, *Tópicos em Fonoaudiologia* (pp. 89-106). São Paulo: Ed. Lovise.
- Rüther, A. (2010). Health Technology Assessment (HTA) in Europe - Is Harmonization Possible: Perspectives from Germany. *International Society For Pharmacoeconomics And Outcomes Research*. Acedido em 27 Março de 2014, de <http://www.ispor.org/news/articles/April2010/Health-Technology-Assessment-in-Europe.asp>
- Sakellarides, C. (2008). A Lisbon agenda on health innovation. *European Journal of Public Health*, 18(2), 102-103.
- Scharf, B. (1978). Loudness. In E. Carterette, & M. Friedman, *Handbook of Perception - Hearing* (Vol. IV). New York: Academic Press Inc.
- Schot, J. & Rip, A. (1997). The Past and the Future of Constructive Technology Assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, 54(2-3), 251-268.
- Schramm, F. & Escosteguy, C. (2000). Bioética e avaliação tecnológica em saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 16(4), 951-961.
- Schubert, E. (1978). History of Research on Hearing. In E. Carterette, & M. Friedman (Eds.), *Handbook of Perception: Biology of Perceptual Systems* (Vol. IV). New York: Academic Press Inc.
- Schultz, T. (2008). EEG-based Emotion Recognition. *Universitat Karlsruhe, Institut für Algorithmen und Kognitive Systeme, Cognitive Systems Laboratory*. Acedido em 16 Dezembro de 2012, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.212.7343&rep=rep1&type=pdf>
- Schumann, P. (2011). *Insights and Foresight: The education value of creative disobedience*. Acedido em 22 Março de 2012, de <http://insights-foresight.blogspot.pt/2011/12/educational-value-of-creative.html>
- Scollie, S. (2014). Aided-Evoked Potentials: Effects of Hearing Aid Signal Processing - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Sclove, R. (2010). Reinventing Technology Assessment: A 21st Century model. *Science and Technology Innovation Program, Woodrow Wilson International Center for Scholars*. Acedido em 23 Março de 2013, de <http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/ReinventingTechnologyAssessment1.pdf>
- Scott, N., Hennen, L., Ladikas, M., Zhu, X., Decker, M. & Li, Z. (2009). Embedding society in science and technology policy – European and chinese perspectives. In M. Ladikas (Ed.), *Governance An International Journal Of Policy And*. Bruxelas: European Communities.
- Sharma, A. (2015). How does the brain respond to hearing loss?. *EurekAlert – The Global Source for Science News*. Acedido em 13 Agosto de 2015, de http://www.eurekalert.org/pub_releases/2015-05/aso-hdt051215.php
- Sharma, A., Dorman, M., & Spahr, A. (Dezembro de 2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear and hearing*, 23(6), 532-539.
- Sharma, A., Dorman, M., Spahr, A. & Todd, N. (Maio de 2002). Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*. 189(Sup), 38-41.

- Silva, C., Fernandes, A., Vieira, A., Carragéis, M., Mota, M. & Rodrigues, S. (2008). Dilemas da avaliação das tecnologias da saúde. *Economia e Sociologia*, 86, 43-57.
- Silva, E. & Weiduschat, E. (2009). *O Envelhecimento da População Mundial*. Trabalho realizado no âmbito da disciplina Geografia Humana, Licenciatura em Geografia. Centro Universitário Leonardo da Vinci, UNIASSELVI. Indaial, Brasil.
- Silveira, P. (2013). Eletroencefalograma quantitativo com mapeamento cerebral (EEG Digital com Mapa). Dr. Paulo Roberto Silveira. Acedido em 22 Agosto de 2014, de <http://www.drpaulosilveira.med.br/visualizar.php?id=2466180>
- Silveira, M. R. & Gil, D. (2008). Avaliação audiológica na doença mitocondrial: relato de dois casos. *Revista CEFAC*, 10(4), 598-602.
- Small, S. (2014). Physiological Measures and Their Potential for the Assessment of pediatric Hearing Needs - ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Smith, K. (2008). Medidas políticas para apoiar inovação - experiências internacionais. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Ed.), *Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: Diálogo entre experiências internacionais e brasileira* (pp.75-98). Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.
- Smits, R., Van Merkerk, R., Guston, D. & Sarewitz, D. (2008). The role of TA in Systemic Innovation Policy. *Innovation Studies Utrecht ISU, Working paper series 08.01, Universiteit Utrecht*. Acedido em 4 Novembro de 2010, de <http://www.geo.uu.nl/isu/pdf/isu0801.pdf>
- Soft- Dynamics (2014). Neurofeedback Software - Brain Task Map. *Soft- Dynamics*. Acedido em 8 Abril de 2014, de http://soft-dynamics.com/sd_downloads_en.html
- Sousa, L., Galante, H. & Figueiredo, D. (2003). Qualidade de vida e bem-estar dos idosos: um estudo exploratório na população portuguesa. *Revista Saúde Pública*, 37(3), 364-371.
- Stagno, S. & Britt, W. (1995). Cytomegalovirus Infections. In J. Remington, & J. Klein, *Infectious Diseases of the Fetus and Newborn Infant* (pp. 312-345). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Stagno, S., Pass, R., Dworsky, M. & Alford, C. J. (1982). Maternal cytomegalovirus infection and perinatal transmission. *Clinical obstetrics gynecology*, 25(3), 563-576.
- Stame, N. (2004). Theory-based Evaluation and Types of Complexity. *Evaluation*, 10(1), 58-76.
- Stehr, N. (Ed.). (2004). *The Governance of Knowledge*. New Jersey: Transaction Publishers.
- Steinberg, J. C. & Gardner, M. B. (1937). The Dependence of Hearing Impairment on Sound Intensity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 9, 11-23.
- Stephens, S. D. (1970). Personality and the slope of loudness function. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22(1), 9-13.
- Stevens, J. C. & Guirã, M. (1964). Individual loudness functions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 36, 2210-2213.
- Street, V., Kallman, J. S., Bramhall, N. & Phillips, J. (2008). Vestibular function in families with inherited autosomal dominant hearing loss. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*, 18(1), 51-58.
- Su, H. & Lee, P. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. *Scientometrics*, 85(1), 65-79.


- Sullivan, J. (2014). Bridging the Gap Between Audibility and Comprehension for Little Ears - ARC 14 "Hearing Aids and the Brain". In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Suzman, R. (2009). Mundo terá 1,3 bilhão de idosos até 2040. *Informação da Agência Reuters. Idade Maior – Fatos & Direitos*. Acedido em 20 Agosto de 2010 de <http://www.idademaior.com.br/fatos-direitos-1-agosto-2009.html>
- Task Force on Newborn and Infant Hearing. (1999). *American Academy of Pediatrics*, 103, 527-530.
- The Science and Technology Committee (2001). Are we realising our potential?. *Parliament*. Acedido em 8 Outubro de 2012, de <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200001/cmselect/cmsctech/200/20004.htm>
- The University of Texas at Austin (2014). Fly's Super-Hearing Power Could Aid Humans. *The University of Texas at Austin - News Center*. Acedido em 26 Janeiro de 2015, de <http://www.utexas.edu/news/2014/07/22/fly-super-hearing-engineering/>
- The University of Texas at Dallas (2013). Study to Test Whether Hearing Aids Can Help Prevent Falls. *The University of Texas at Dallas - News Center*. Acedido em 2 Dezembro de 2013, de https://www.utdallas.edu/news/2013/2/6-21911_Study-to-Test-Whether-Hearing-Aids-Can-Help-Preven_article-wide.html
- Thomas, J. E. & Sattlberger, B. A. (1997). Treatment of Chronic Anxiety Disorder with Neurotherapy: A Case Study. *Journal of Neurotherapy*, 2(2). 14-19.
- Thomson Reuters (2013). The Research & Innovation Performance of The G20. *ScienceWatch*. Acedido em 18 Setembro de 2013, de <http://sciencewatch.com/sites/sw/files/images/basic/research-innovation-g20.pdf>
- Trans-Cranial Technologies (2012). Cortical Functions Reference. *Trans-Cranial Technologies*. Acedido em 14 Março de 2014, de http://www.trans-cranial.com/local/manuals/cortical_functions_ref_v1_0_pdf.pdf
- Treisman, M. (1964). What do sensory scales measure?. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16(4), 387-391.
- Tremblay, K. L. (2006). Hearing aids and the brain: What's the connection?. *The Hearing Journal*, 59(8), 10-17.
- Tremblay, K. L. (2014). In Review – ARC 14 Hearing Aids and The brain. In *California Speech language Pathology and Audiology and Hearing Aid Dispensers Board for AudiologyNOW!*, Orlando, 26-29 Março 2014.
- Tremblay, K. L., Billings, C. J., Friesen, L. M. & Souza, P. E. (2006). Neural representation of amplified speech sounds. *Ear and Hearing*, 27(2), 93-103.
- Tremblay, K. L., Kalstein, L., Billings, C. J. & Souza, P. E. (2006). The Neural Representation of Consonant-Vowel Transitions in Adults Who Wear Hearing Aids. *Trends in Amplification*, 10(3), 155-162.
- Tremblay, K. L. & Miller, C. W. (2014). How Neuroscience Relates to Hearing Aid Amplification. *International Journal of Otolaryngology*. Acedido em 26 Agosto de 2014, de <http://www.hindawi.com/journals/ijoto/2014/641652/>
- Trinidad-Ramos, G., Aguilar, V. A., Jaudenes-Casaubón, C. & Núñez-Batalla, F. (2009). Recomendaciones de la Comisión para la Detección Precoz de la Hipoacusia (CODEPEH) para 2010. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 61(1), 69-77.
- Trotta, L., Iacona, E., Primignani, P., Castorina, P., Radaelli, C., Del Bo, L., . . . Ambrosetti, U. (2011). GJB2 and MTRNR1 contributions in children with hearing impairment from Northern Cameroon. *International Journal of Audiology*, 50(2), 133-138.

- Tuininga, E. (1988). Technology Assessment in Europe. *Futures*, 20(1), 37-45.
- Tye-Murray, N. (1998). *Foundations of Aural Rehabilitation: Children, Adults, and Their Family Members*. San Diego: Singular Publishing Group Inc.
- Van der Ent, L. (2014). Lecture at Audiology! 2014: Hearing aids and the brain. *Audiology Worldnews*. Acedido em 8 Agosto de 2014, de <http://www.audiology-worldnews.com/focus-on/870-hearing-aids-and-the-brain-bridging-the-gap-between-audibility-and-comprehension-for-little-ears>
- Van Merkerk, R. O. & Smits, R. (2008). Tailoring CTA for emerging technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(3), 312-333.
- Vanderbilt Kennedy Center (s.d.). EEG Laboratory. *Vanderbilt Kennedy Center, Disabilities – Hope through Discovery*. Acedido em 2 Março de 2014, de <http://kc.vanderbilt.edu/site/services/researchsupport/pheno/eeg.aspx>
- Verspagen, B. (2007). Mapping Technological Trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. *Advances in Complex Systems*, 10(1), 93-115.
- Vicini, A. (2013). Mapeamento do Cérebro: uma questão ética? *Revista Bioethikos – Centro Universitário São Camilo*, 7(4), 426-430.
- Vig, N. & Paschen, H. (Eds.). (2000). *Parliaments and Technology: The Development of Technology Assessment in Europe*. New York: State University of New York Press.
- Vilela, A. L. (s.d.). Audição – Anatomia da Orelha. *Anatomia e Fisiologia Humanas*. Acedido em 12 Agosto de 2014, de <http://www.afh.bio.br/sentidos/Sentidos3.asp>
- Von Ilberg, C., Kiefer, J., Tillein, J., Pfenningdorff, T., Hartmann, R., Stürzebecher, E., & Klinke, R. (1999). Electric-acoustic stimulation of the auditory system. New technology for severe hearing loss. *ORL: Journal for Oto-Rhino-Laryngology and its Related Specialties*, 61(6), 334-340.
- Von Storch, H. & Bray, D. (2010). Against politicization of science - Comment on S. Keller: Scientization: putting global climate change on the scientific agenda since 1970 and the role of the IPCC. *Poiesis & Praxis: International Journal of Ethics of Science and Technology Assessment*, 7(3), 211-219.
- Voss, J., Bauknecht, D. & Kemp, R. (Eds.). (2006). *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Warren, R. M., Sersen, E. A. & Pores, E. B. (1958). A basis for loudness-judgments. *The American Journal of Psychology*, 4, 700-709.
- Weber, M., Kubeczko, K. & Rohrer, H. (2008). System innovations in innovation systems: Conceptual foundations and experiences with Adaptive Foresight in Austria. In: A. Tukker, M. Charter, C. Vessoli, E. Stø & M. M. Andersen (Eds.), *System Innovation for Sustainability 1: Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production* (pp. 345-368). Sheffield: Greenleaf Publishers.
- Wenck, L. S., Leu, P. W. & D'Amato, C. R. (1996). Evaluating the efficacy of a biofeedback intervention to reduce children's anxiety. *Journal of Clinical Psychology*, 52(4), 469-473.
- Whitley, R., Cloud, G., Gruber, W., Storch, G., Demmler, G., Jacobs, R., . . . FitzGerald, J. S. (Maio de 1997). Ganciclovir treatment of symptomatic congenital cytomegalovirus infection: results of a phase II study. *The Journal of Infectious Diseases*, 175(5), 1080-1086.
- Wild, C. J., Yusuf, A., Wilson, D. E., Peelle, J. E., Davis, M. H., Johnsrude, I. S. (2012). Effortful listening: the processing of degraded speech depends critically on attention. *Journal of Neuroscience*, 32(40), 14010-21.

- Williamson, W., Desmond, M., LaFevers, N., Taber, L., Catlin, F. & Weaver, T. (1982). Symptomatic congenital cytomegalovirus. Disorders of language, learning, and hearing. *American journal of diseases of children*, 136(10), 902-905.
- Wingfield, A. & Peelle, J. E. (2012). How Does Hearing Loss Affect the Brain?. *Aging Health*, 8(2), 107-109.
- Wittekindt, A., Kaiser, J. & Abel, C. (2014). Attentional Modulation of the Inner Ear: A Combined Otoacoustic Emission and EEG Study. *The Journal of Neuroscience*, 34(30), 9995-10002.
- World Health Organization - WHO (2001). Report of Informal Consultation to launch the WHO Guidelines for Hearing Aids and Services for Developing Countries. In *Hearing Aids for Developing Countries*. Geneva, 11-12 Julho 2001.
- World Health Organization - WHO (2008). Health Technology Assessment and Health Policy-Making in Europe - Current status, challenges and potential. WHO. Acedido em 27 Março de 2014, de http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0003/90426/E91922.pdf
- World Health Organization - WHO (2014). *Deafness and hearing loss (Fact sheet Nº 300)*. WHO. Acedido em 27 Fevereiro de 2014, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>
- Wu, F., Hsu, C., Lee, P. & Su, H. (2011). A systematic approach for integrated trend analysis - The case of etching. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(3), 386-407.
- Yong, E. (2014). Cochlear Implant Gene Therapy. *The Scientist*. Acedido em 18 Junho de 2014, de <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/39798/title/Cochlear-Implant-Gene-Therapy/>
- Yoshinaga-Itano, C., Sedey, A., Coulter, D. & Mehl, A. (1998). Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics*, 102(5), 1161-1171.

ANEXOS

ANEXO B – COMPROVATIVO DA ACEITAÇÃO DO PROJETO



Exma. Senhora
Dra. Isabel Marques Rosa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Av. Brasil nº 200, 8º Dto.
1700-079 Lisboa

nossa ref. Comissão Ética 9561
our ref.
vossa ref.
your ref.
data 01.08.2011
date
assunto
subject

Avaliação Electroencefalográfica em Crianças de Tesa

Em resposta ao solicitado, acima referido, somos a informar, que o mesmo foi autorizado pelo Conselho de Administração em 07-07-2011.

Com os melhores cumprimentos,

O Presidente da Comissão de Ética

Dr. Luís Antunes

Av. Torrado da Silva - 2801-951 Almada - Portugal - Tel: +351 21 294 02 94 - Fax.: + 351 21 295 70 04
geral@hgo.min-saude.pt

H.G.O. - Mod. 34

ANEXO C – EXPLICAÇÃO DO PROJETO

Avaliação do Efeito da prótese Auditiva Usando a Análise Eletroencefalográfica

Pretende-se com o Estudo avaliar se o mapeamento cerebral observado no Eletroencefalograma (EEG), da criança é diferente com e sem as próteses auditivas, quando está submetida ao mesmo estímulo sonoro.

Pensamos que tal poderá contribuir para a compreensão do mapeamento cerebral e secundariamente poderá ser também um contributo à metodologia utilizada pelo clínico na seleção e adaptação protética. Dado o carácter exploratório pela escassez de estudos neste âmbito, poderá auxiliar estudos futuros.

O estudo assenta em quatro partes fundamentais: A Parte I, Introdução; A Parte II, o Enquadramento Concetual, que tem como finalidade a apresentação genérica das principais bases teóricas e concetuais relevantes para a definição do Problema e a concretização do Objetivo do Estudo. Na Parte III, apresenta-se um estudo de caso como demonstração da aplicabilidade do tema escolhido e da metodologia de Avaliação de Tecnologia em Saúde, aborda-se a Importância e o Tipo do Estudo, a Definição e Seleção da Amostra, Critérios de Exclusão, Materiais e Equipamentos, Procedimentos e o Tratamento dos dados. Nesta mesma parte, é apresentada a Metodologia e entra-se no Estudo de Investigação propriamente dito, com a recolha de dados, a apresentação e análise dos resultados. Por fim a Parte IV onde se procede à Discussão dos Resultados, esta parte inclui as Conclusões e Estudos Futuros.

A amostra será recolhida de entre a população alvo do Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital Garcia de Orta, E.P.E., onde se pratica o RANU desde o ano de 2008. A seleção foi feita por conveniência, após a avaliação do processo individual, de uma população distinta, a das crianças com hipoacusia neurosensorial congénita adaptadas proteticamente.

Os cuidadores das crianças são informados do propósito do estudo pelo investigador ou pelos examinadores. O estudo é conduzido de acordo com a Declaração de Helsínquia e foi aprovado pela Comissão de Ética da Instituição envolvida neste Projeto. O investigador deu consentimento aos examinadores para fazerem parte do estudo.

ANEXO D – PERGUNTAS FREQUENTES

Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva usando a Análise Eletroencefalográfica

Perguntas frequentes:

O que pretendemos fazer?

Pretendemos efetuar um Eletroencefalograma com e sem a Prótese(s) Auditiva(s).

O que tenho que fazer para o meu filho(a) participar no estudo?

Terá que dar a sua concordância para a integração do seu filho(a) num dos grupos de estudo.

Quais são os benefícios do estudo?

O conhecimento das áreas cerebrais que se ativam nas diversas estimulações poderá ser um contributo para melhor perceber a privação sensorial, no sentido de vir a estabelecer metodologias para a reabilitação.

Quais são os riscos se o meu filho(a) participar neste estudo?

Nenhuns.

Posso recusar a participação do meu filho(a) no estudo?

Sim, pode recusar que o seu filho(a) participe. Se recusar, não haverá nenhuma consequência negativa para a criança.

Posso saber em que ponto está o estudo?

Sim, em qualquer momento, pode pedir informação aos investigadores sobre o andamento do estudo.

Os meus dados pessoais e do meu filho(a) podem ser acedidos por outras pessoas, estranhas ao estudo?

Não. Todo o estudo está sujeito às regras de proteção de dados em vigor em Portugal e no Hospital Garcia de Orta, E.P.E. A confidencialidade e privacidade ficam garantidas, bem como se assegura que as informações recolhidas no âmbito deste estudo apenas se destinam para o mesmo. Se, por alguma razão, houver necessidade ou interesse em alargar o estudo inicial, integrando um estudo mais amplo, será informado(a) e será pedido novo consentimento informado.

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ANEXO E – CONSENTIMENTO INFORMADO



CONSENTIMENTO INFORMADO

Informação para o Tutor do Participante

Título do Estudo – **Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva usando a Análise Eletroencefalográfica**

Investigador Responsável – Dr^a. Isabel Marques Rosa, Doutoranda em Avaliação de Tecnologia na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Local do Estudo – Hospital Garcia de Orta, E.P.E. – Serviço de ORL e Serviço de Neurologia

Equipa de Investigação do Serviço de ORL – Dr^a. Isabel Marques Rosa, Dr^a. Helena Rosa, Responsável pela Unidade de Audiologia, Dr. Luís Antunes Diretor do Serviço

Equipa de Investigação do Serviço de Neurologia – Dr^a. Isabel Marques Rosa, Dr^a. Paula Breia, Diretora do Serviço

Contacto: Dr^a. Isabel Marques Rosa – e-mail: i.rosa@campus.fct.unl.pt

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



Sujeito número:

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____, portador do Bilhete de Identidade/Cartão de cidadão* _____, autorizo que se faça um Eletroencefalograma (técnica não invasiva, nem dolorosa), ao meu filho(a), _____ nascido em ---/---/---.

Portador de deficiência auditiva (hipoacusia neurosensorial), para fins de Investigação Científica, no âmbito do projeto de investigação “**Avaliação do Efeito da Prótese Auditiva usando a Análise Eletroencefalográfica**”, em curso na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Declaro que fui informado(a) e percebi todos os procedimentos envolvidos neste estudo.

Declaro ter sido informado(a) que é assegurada, em qualquer situação, a confidencialidade dos dados pessoais deste estudo e que fica salvaguardada a possibilidade de eu aceder à informação existente sempre que o desejar.

Declaro autorizar a recolha de imagens e a utilização dos resultados para fins de investigação e de publicação no âmbito deste estudo, bem como a sua apresentação em reuniões científicas, desde que fique salvaguardada a confidencialidade.

*riscar o que não interessa

Almada__de____de 2011

Assinatura do tutor_____

Grau de parentesco_____

Telefone de contacto_____

Data_____

Rubrica do Investigador_____

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ANEXO F – QUESTIONÁRIO



Sujeito número:

QUESTIONÁRIO

CRIANÇA – Sexo: F – M

Data de nascimento_____

Adaptação Protética com que idade?_____

Unilateral – Bilateral

Boa? Sim – Não

Está em? Casa – Ama – Creche – Jardim Infantil – Outra

Com que idade foi para? Ama – Cresce – Jardim Infantil – Outra_____

Quanto tempo passa? na Ama – Cresce – Jardim Infantil – Outra_____

*Sublinhar o que interessa

CUIDADORES – Idade_____

Freguesia da Residência_____

Nível de Escolaridade_____

Profissão_____

OBSERVAÇÕES_____

Data –

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ANEXO G – FOLHA DE TRABALHO



FOLHA DE TRABALHO

Nome _____

Diagnóstico _____

Data da Convocatória _____

Data da Autorização dos Cuidadores _____

SERVIÇO DE NEUROLOGIA

Data do EEG _____

Equipamento Utilizado _____

Efetuated por _____

Obs: _____

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ANEXO H – RECOLHA DE DADOS

Indivíduo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sexo											
Idade											
Idade Adaptação Protética											
Adaptação	Unilateral OD-OE										
	Bilateral										
Está em	Casa										
	Ama										
	Creche										
	Jardim Infantil										
	Outra										
Com que idade foi para	Casa										
	Ama										
	Creche										
	Jardim Infantil										
	Outra										
Quanto tempo passa	Casa										
	Ama										
	Creche										
	Jardim Infantil										
	Outra										
Cuidadores	Idade										
	Freguesia Residência										
	Nível Escolaridade										
	Profissão										

ANEXO I – FAIXA AUDIO

[historia_infantil_v2.wav](#)

ANEXO J – INSTITUIÇÕES DE SAÚDE EM PORTUGAL ONDE SE PRÁTICA O RANU

Centro Hospitalar do Alto Minho, Viana do Castelo

Centro Hospitalar do Funchal

Centro Hospitalar de Lisboa Central, EPE, Hospital de D^a Estefânia

Centro Hospitalar de Lisboa Norte, EPE, Hospital de Santa Maria

Centro Hospitalar do Médio Tejo – CHMT, Unidade de Abrantes

Centro Hospitalar do Nordeste, CHNE

Centro Hospitalar do Porto, Hospital Geral de St^o António e Hospital Especializado Crianças Maria Pia

Centro Hospitalar de Torres Vedras, CHTV

Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro

Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia / Espinho, EPE

Hospital Amato Lusitano, Castelo Branco

Hospital de Beja

Hospital Distrital de Viana do Castelo

Hospital Distrital de Santarém

Hospital de Évora

Hospital de Faro, EPE

Hospital Garcia de Orta, EPE, Almada

Hospital de Leiria

Hospital dos Lusíadas

Hospital da Luz

Hospital de Nossa Senhora do Rosário, EPE, Barreiro

Hospital da Ordem do Carmo, Porto

Hospital de Ponta Delgada

Hospital de Portalegre

Hospital de Portimão

Hospital de São João, Porto

Hospital São Sebastião, Vila da Feira

Hospital São Teotónio, Viseu

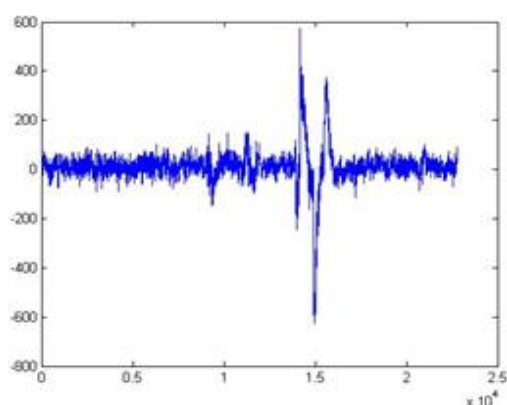
Maternidade Dr. Daniel de Matos, Coimbra

Unidade Local de Saúde da Guarda

ANEXO K – SINAIS

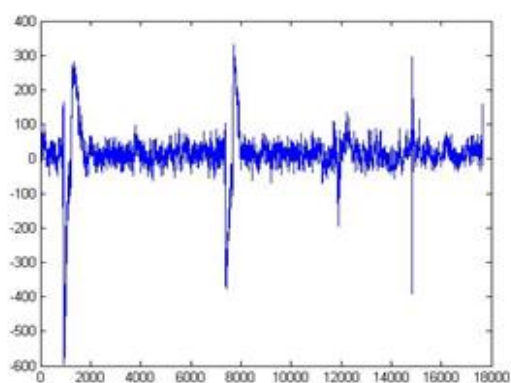
Análise Temporal – Sinal 8 – Indivíduo A (B), Indivíduo B (G), Indivíduo C (J)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,35	13,23	68,19



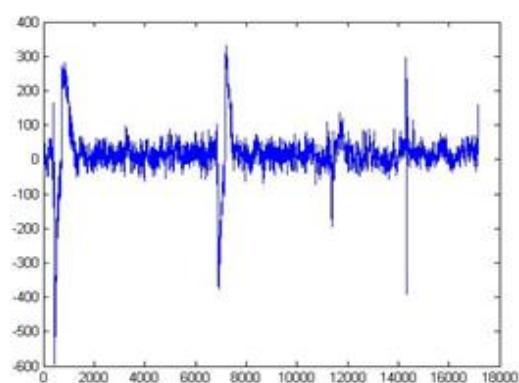
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,88	14,79	63,75



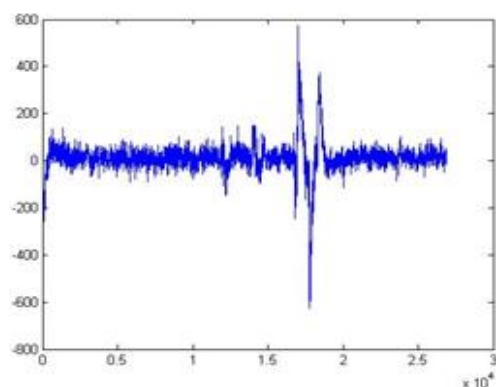
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,69	14,59	64,54



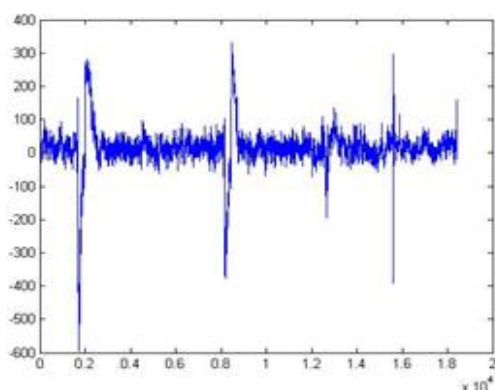
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,58	14,59	65,41



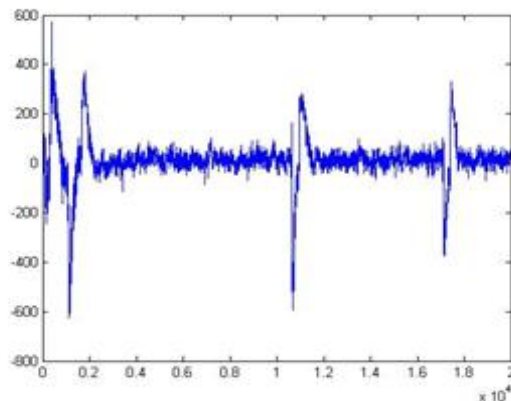
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	15,12	15,08	62,59



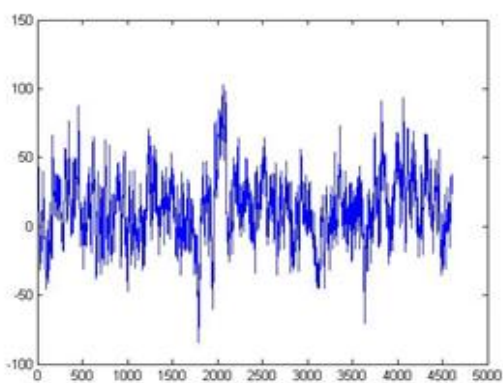
B – Com prótese auditiva – C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,95	13,53	89,32



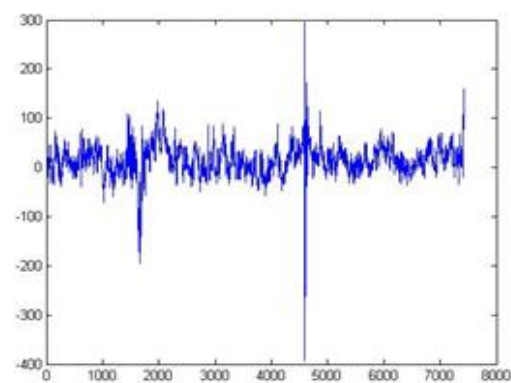
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	12,96	12,16	24,19

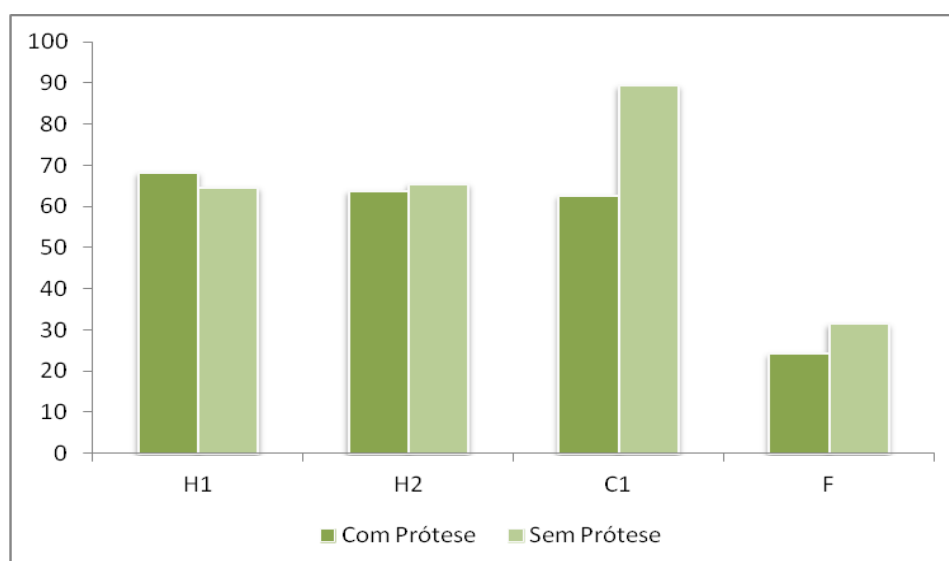


B – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,94	14,11	31,42

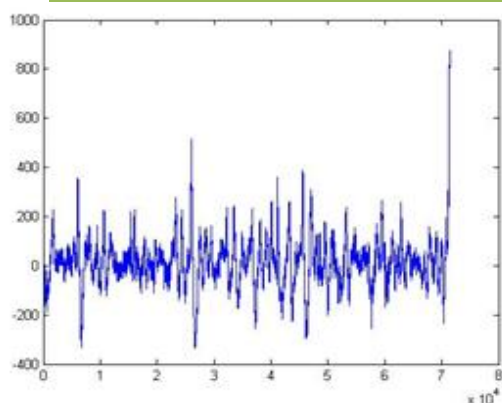


B – Sem prótese auditiva F.



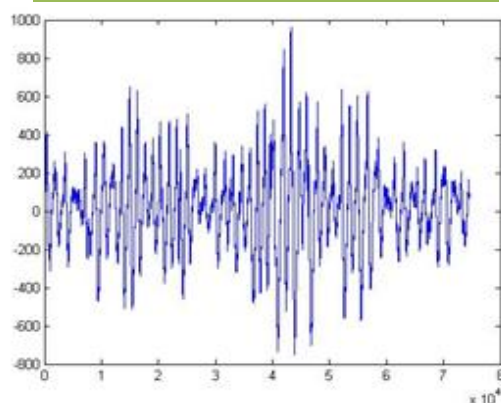
Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	15,62	14,69	101,37



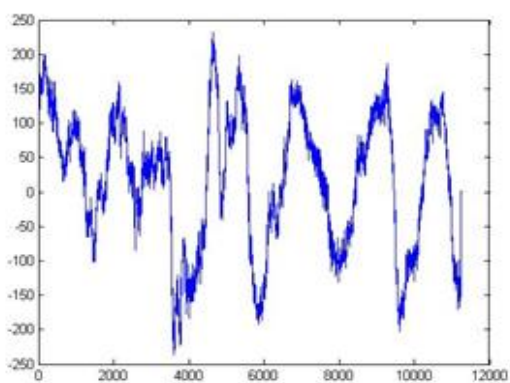
G – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,84	32,67	229,87



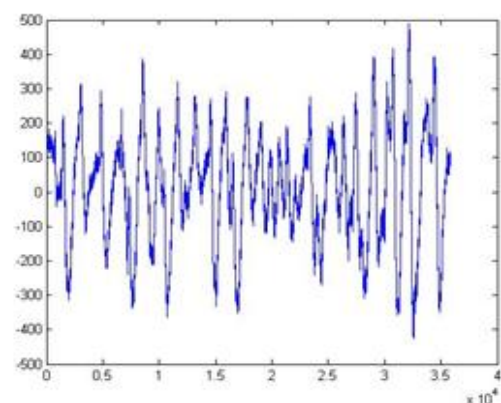
G – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	15,62	14,69	101,37



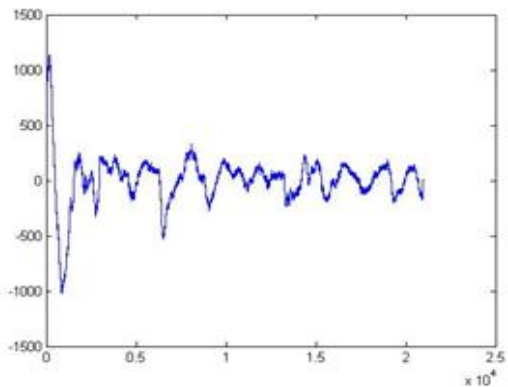
G – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	13,15	20,89	160,19



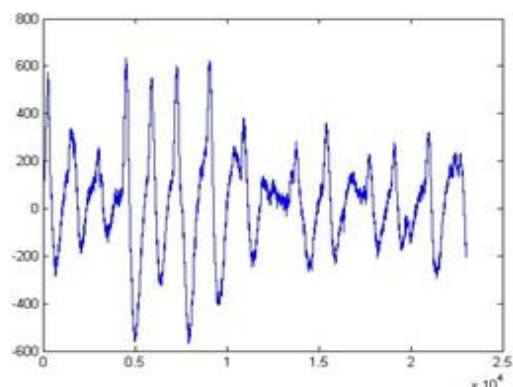
G – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,94	14,11	31,41



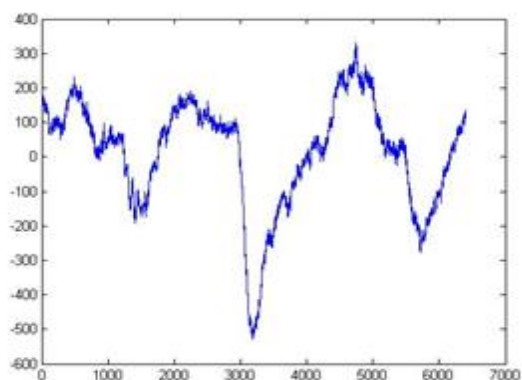
G – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	24,08	42,04	205,37



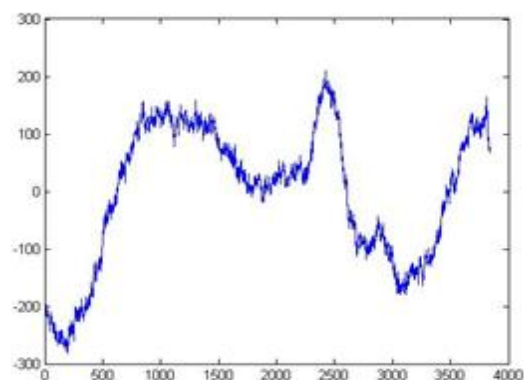
G – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	13,34	45,8	158,23

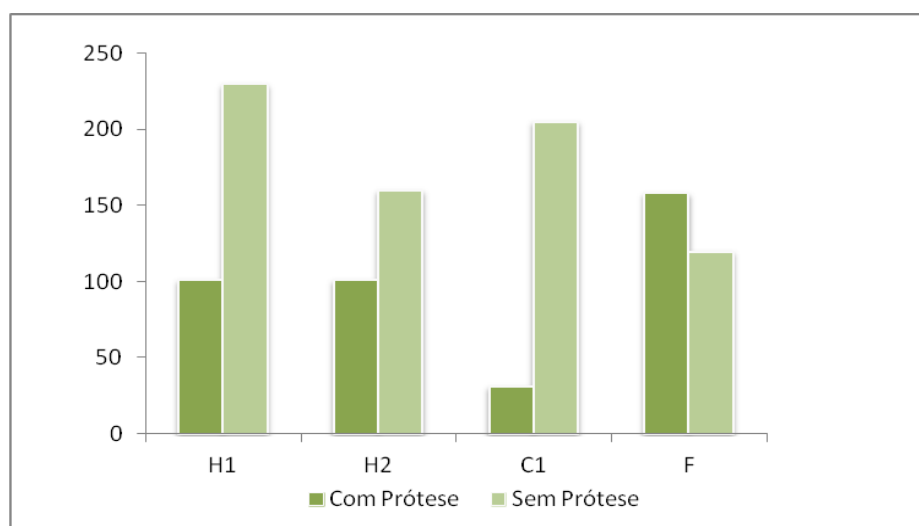


G – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	-2,65	23,77	119,95

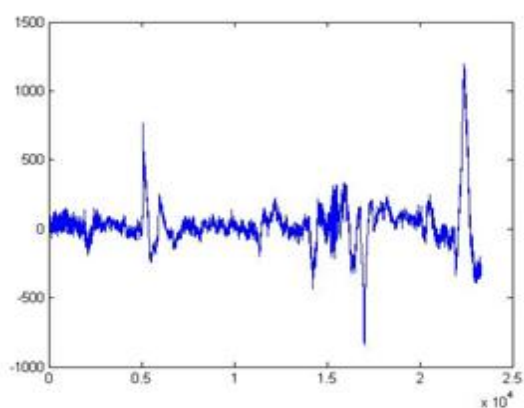


G – Sem prótese auditiva F.



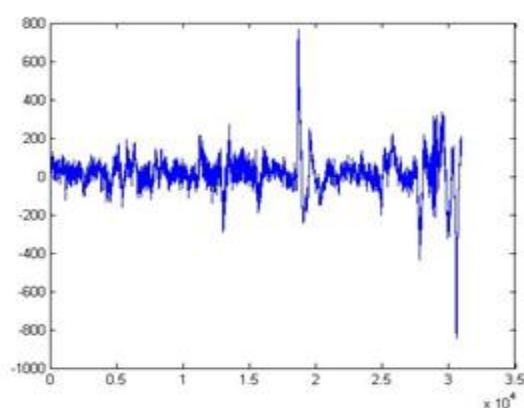
Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo B).

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	22,94	19,29	160,61



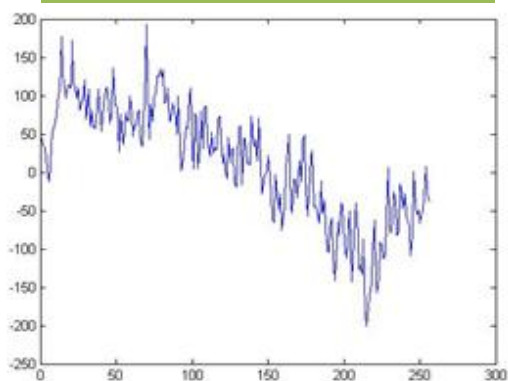
J – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	10,63	15,09	94,72



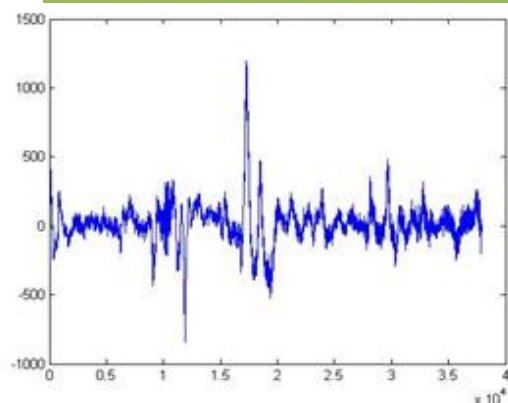
J – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	12,24	23,73	76,54



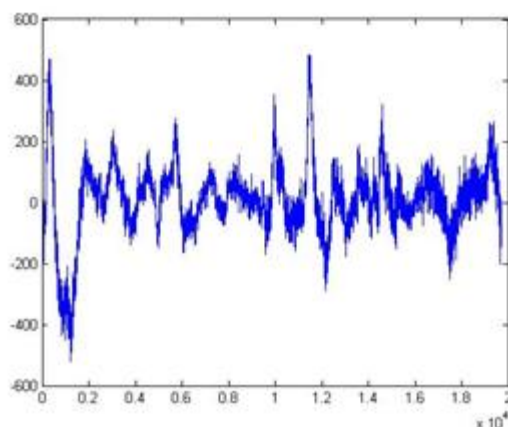
J – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,13	15,38	149,3



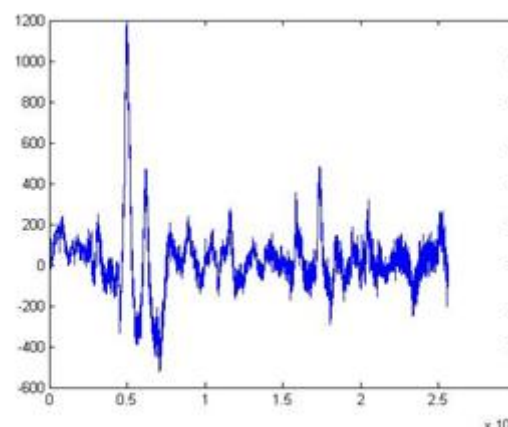
J – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	5,19	11,27	116,62



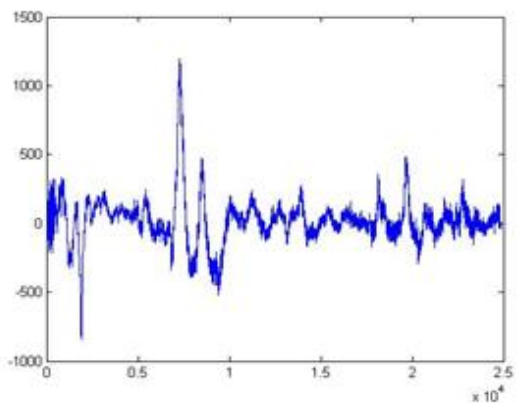
J – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	19,79	18,7	157,64



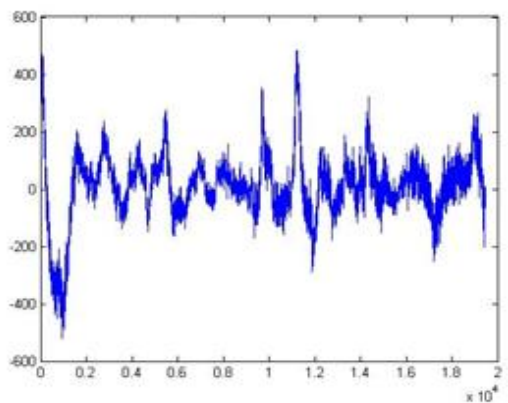
J – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	16,85	19,48	171,71



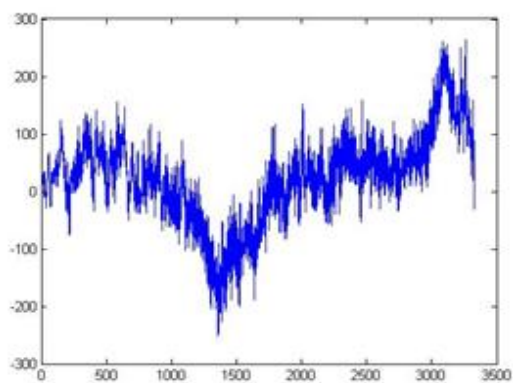
J – Com prótese auditiva C2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	5,07	11,57	115,59



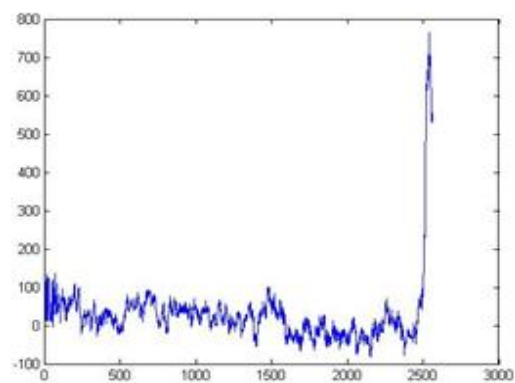
J – Sem prótese auditiva C2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	20,61	25,68	78,34

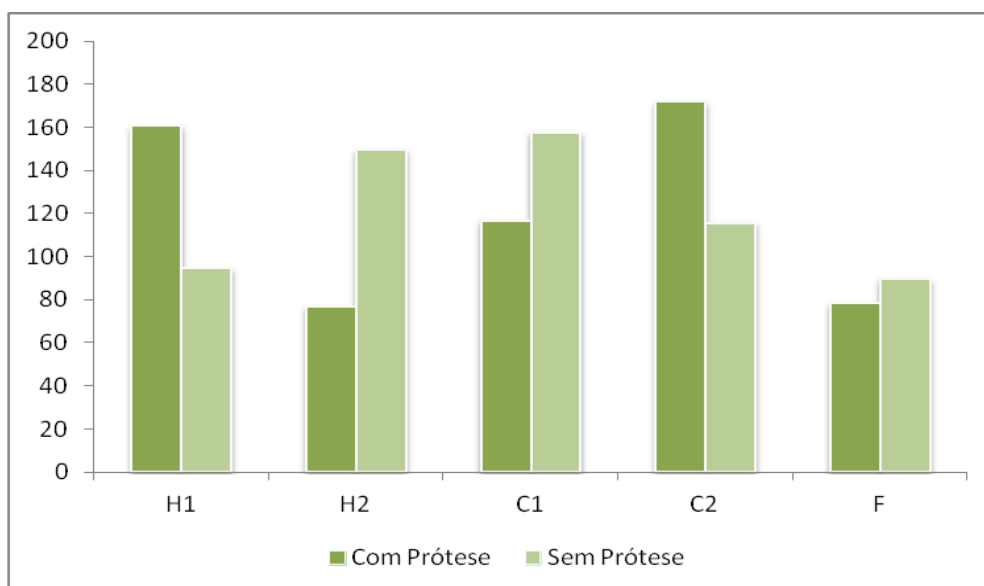


J – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	27,24	17,97	89,76



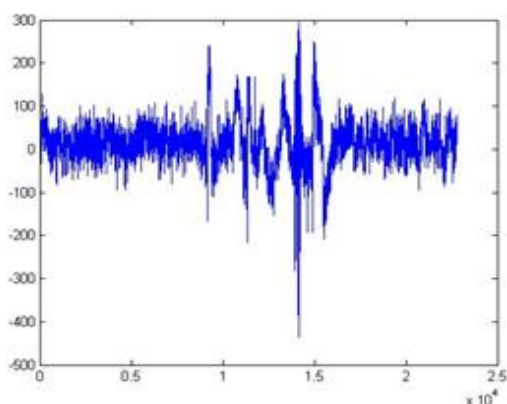
J – Sem prótese auditiva F.



Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo C).

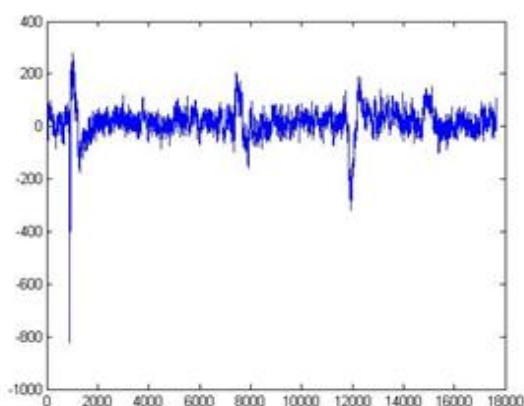
Análise Temporal – Sinal 13 – Indivíduo A (B), Indivíduo B (G), Indivíduo C (J)

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,09	13,92	48,11



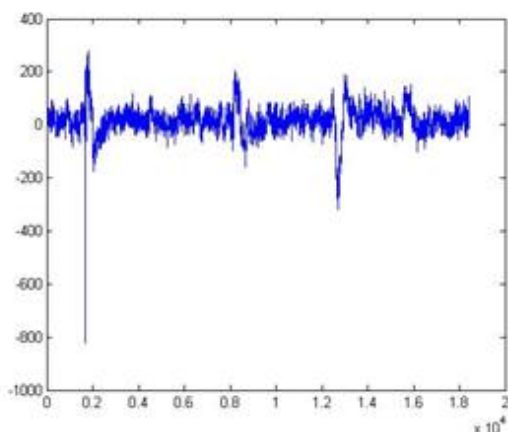
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,77	16,26	51,09



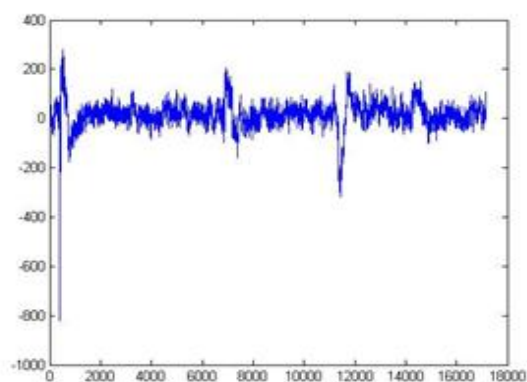
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,85	16,46	50,25



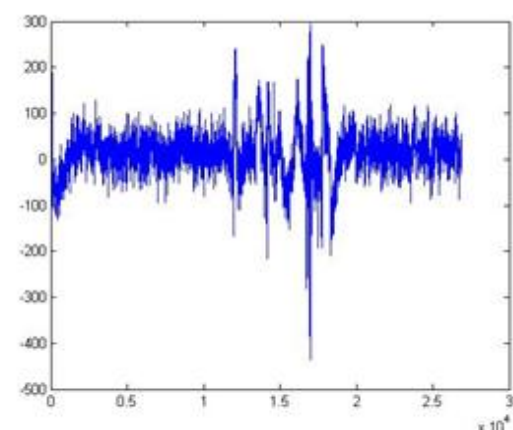
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,74	16,16	51,52



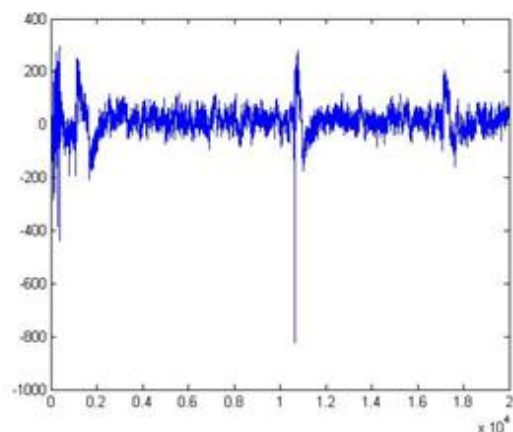
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	13,94	13,53	48,22



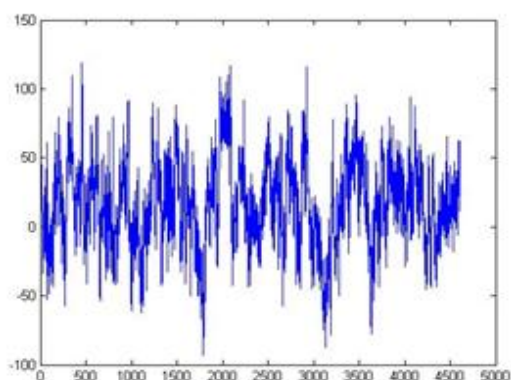
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,26	15,87	49,54



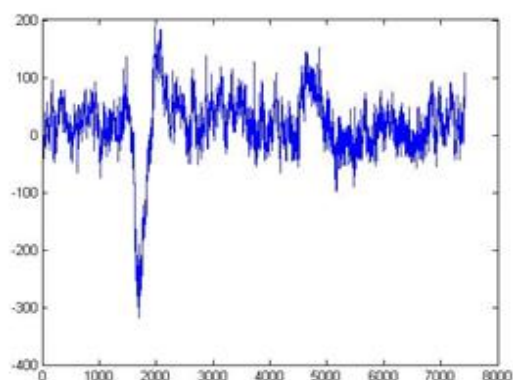
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,53	16,60	31,73

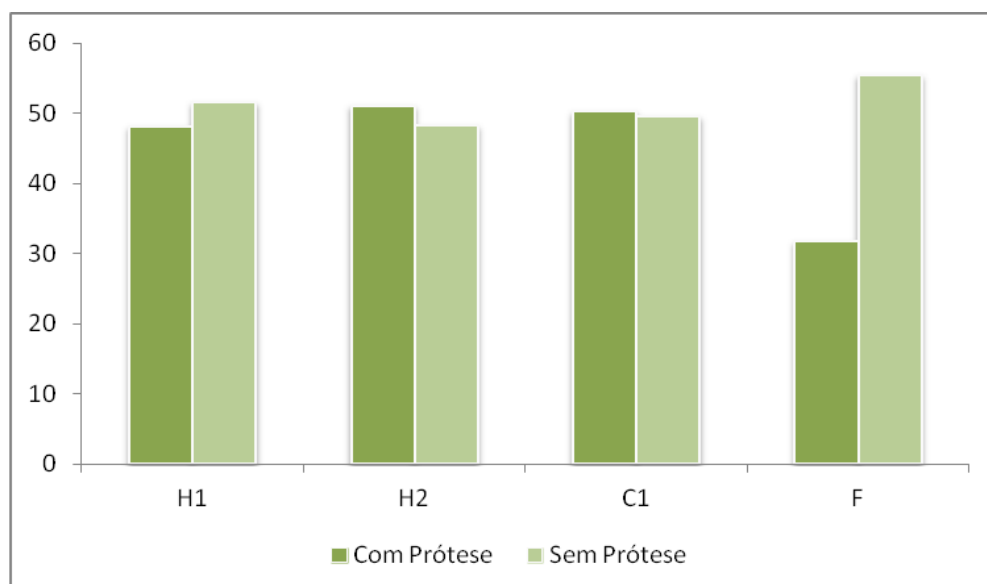


B – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,50	17,53	55,39

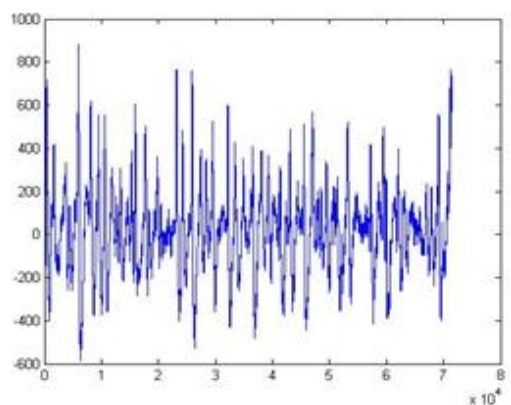


B – Sem prótese auditiva F.



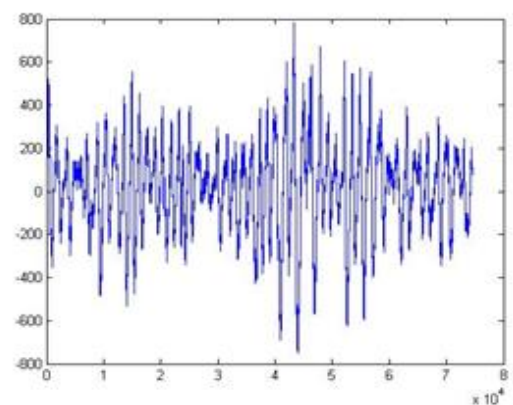
Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo A).

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	18,65	22,99	203,28



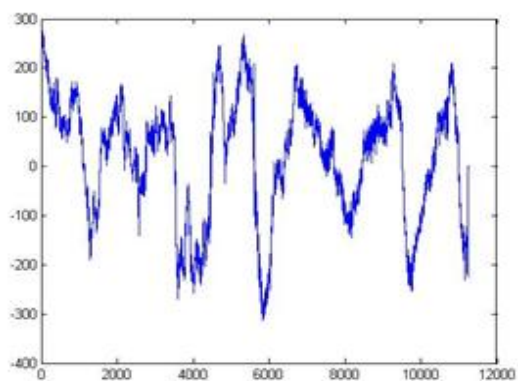
G – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,21	39,31	215,67



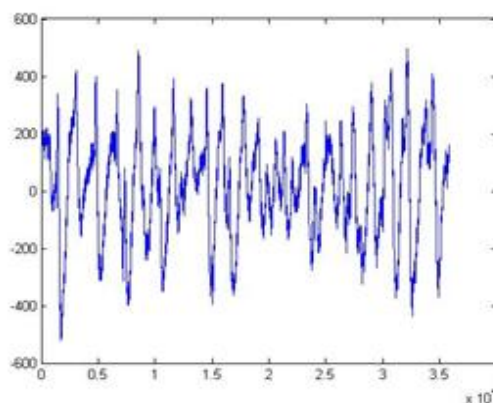
G – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	18,65	22,99	203,28



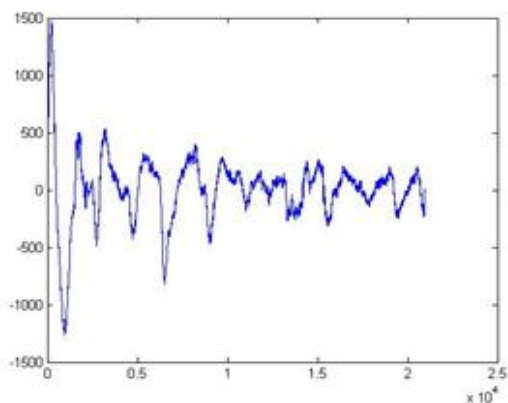
G – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	13,95	22,90	180,45



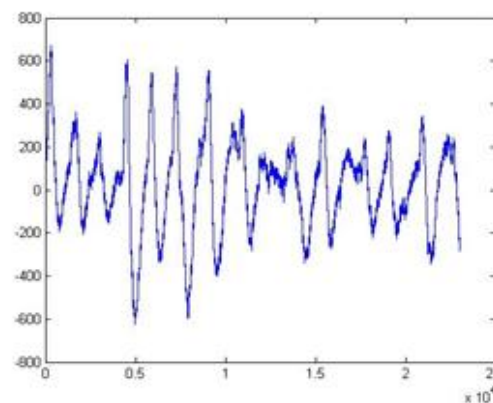
G – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,50	17,53	55,39



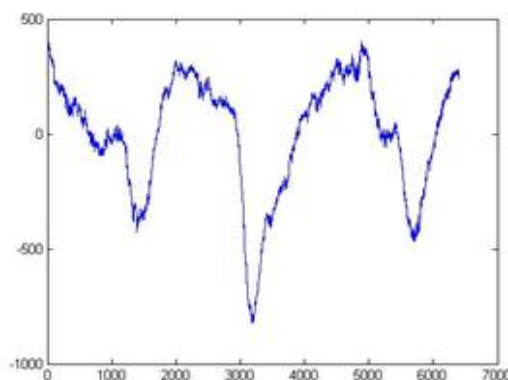
G – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	27,10	50,73	213,55



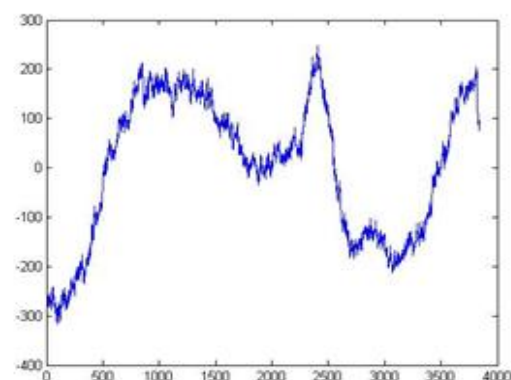
G – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	4,55	64,31	256,02

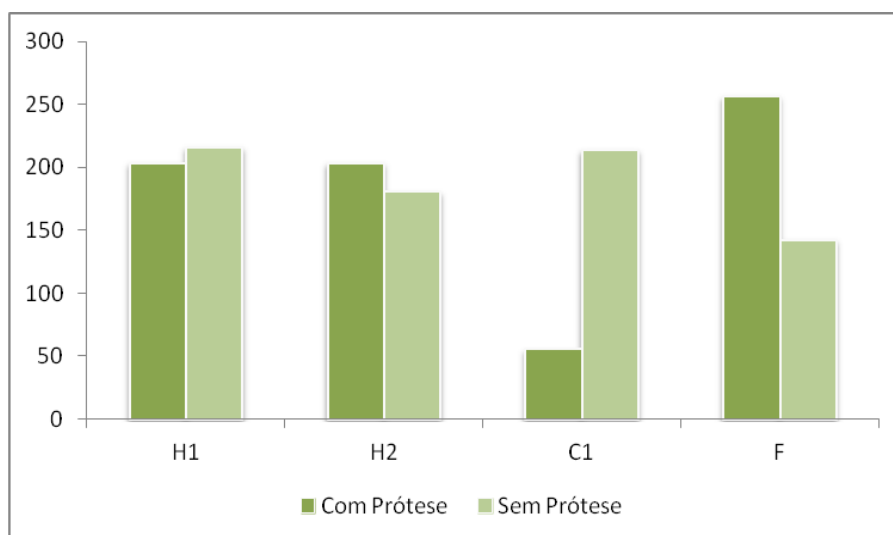


G – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	3,30	27,69	142,39

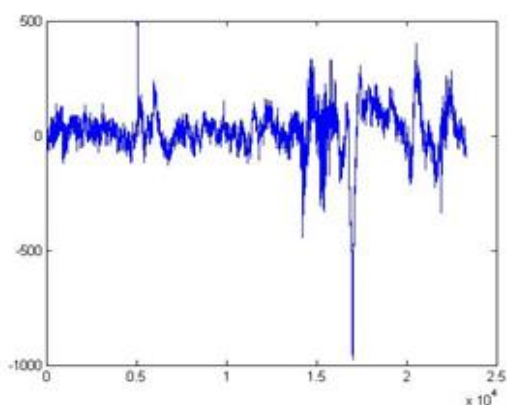


G – Sem prótese auditiva F.



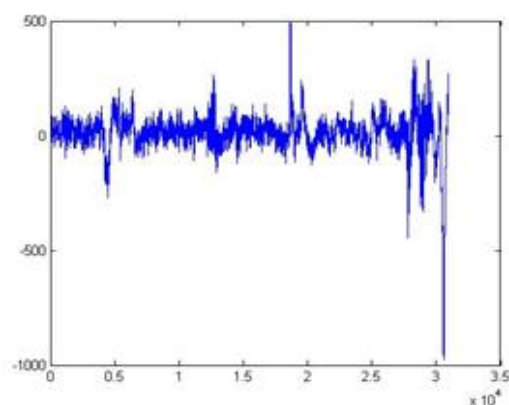
Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo B).

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	17,85	19,97	103,23



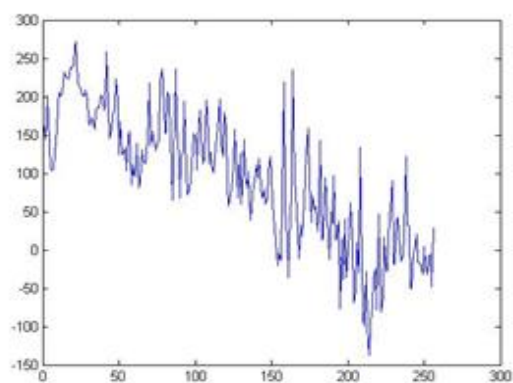
J – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	9,39	14,99	83,11



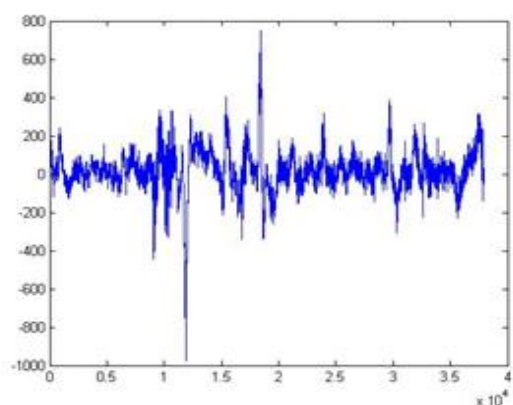
J – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	91,86	98,78	86,14



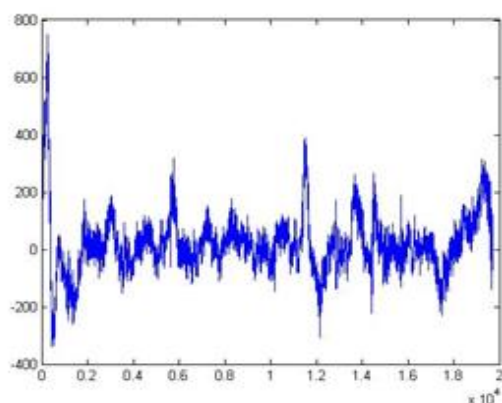
J – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,87	13,92	108,76



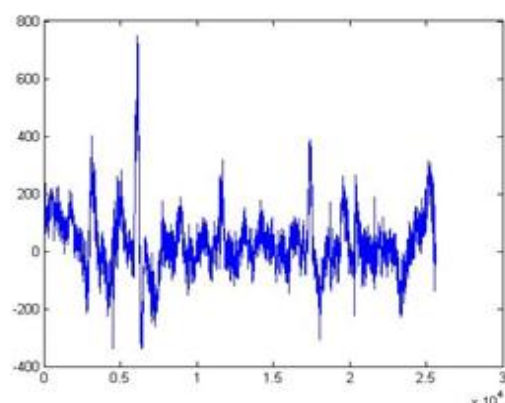
J – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,14	6,81	103,34



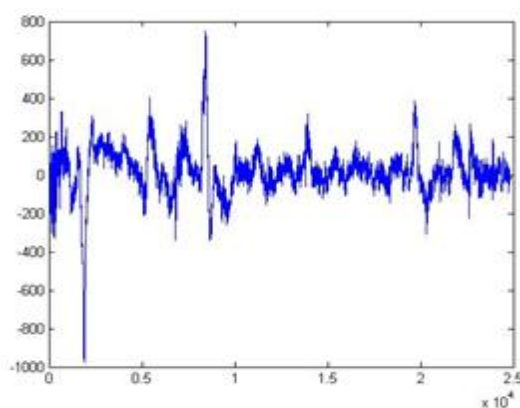
J – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	24,02	14,31	104,56



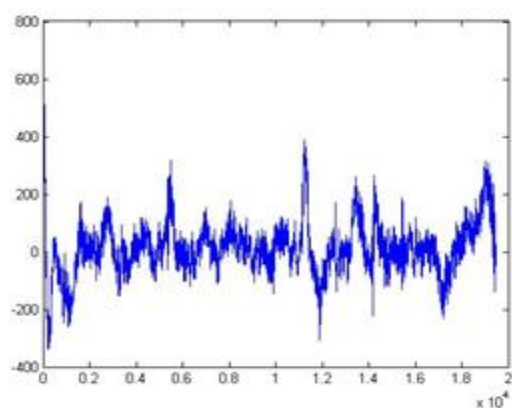
J – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	14,95	12,26	121,76



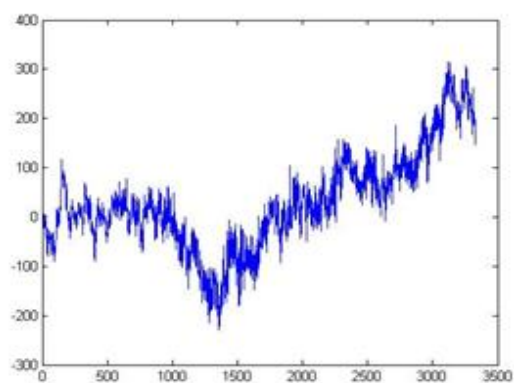
J – Com prótese auditiva C2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	10,39	6,10	92,53



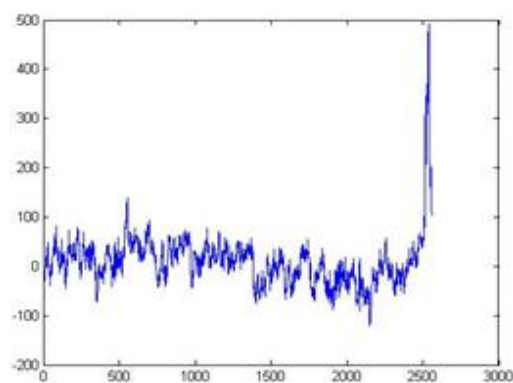
J – Sem prótese auditiva C2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	27,19	16,65	98,95

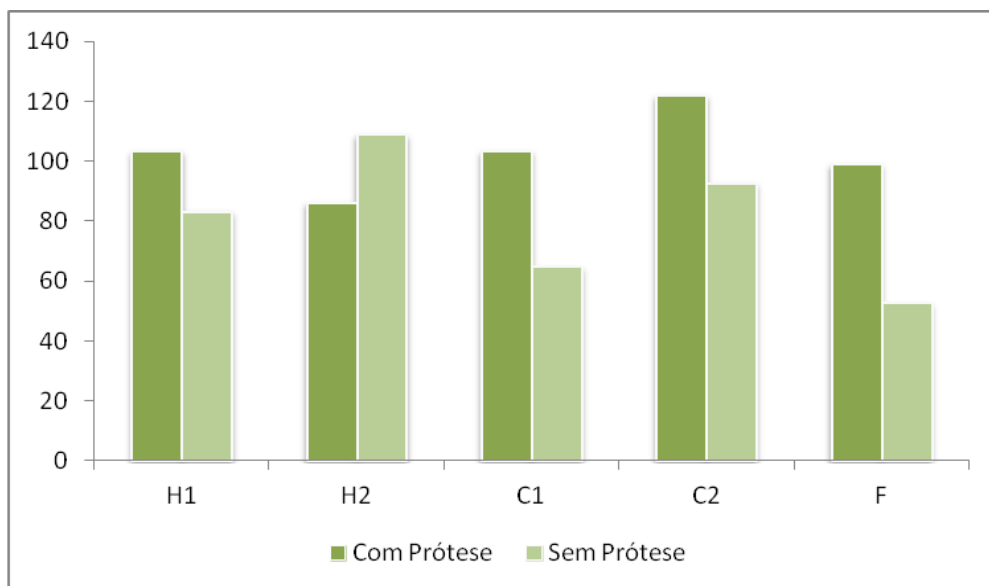


J – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	9,11	7,57	52,51



J – Sem prótese auditiva F.

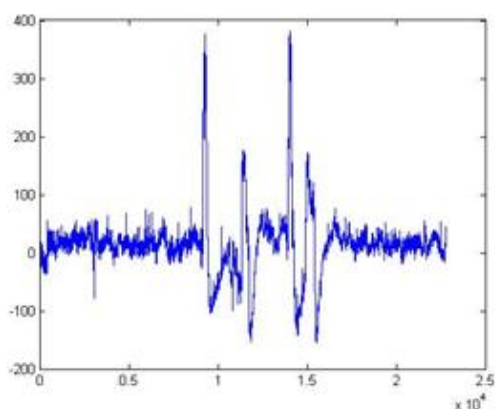


Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo C).

Análise Temporal - Indivíduo A - 19 Sinais

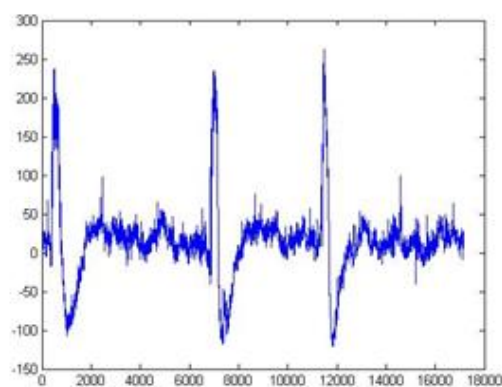
S1

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	14,01	14,89	95



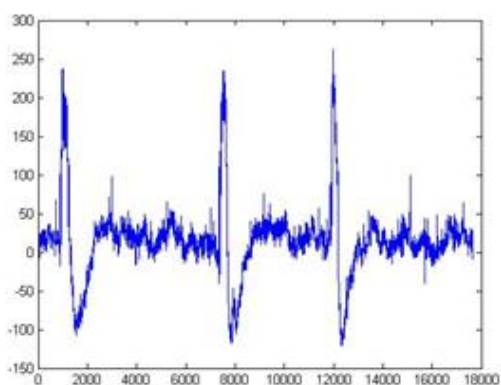
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	14,45	15,67	47,48



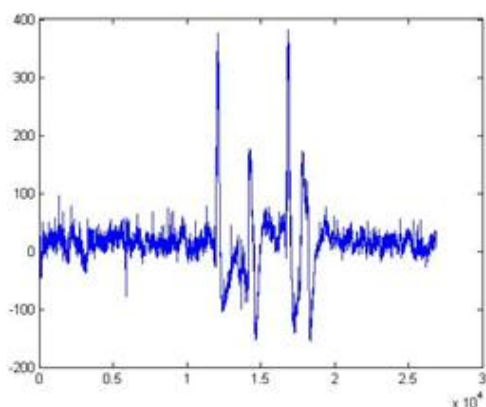
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	14,53	15,77	46,81



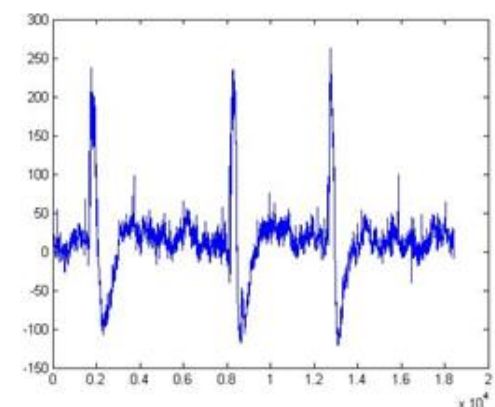
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	13,87	14,59	50,79



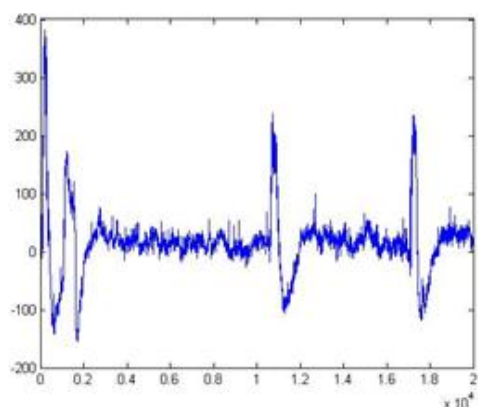
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	14,04	14,99	45,91



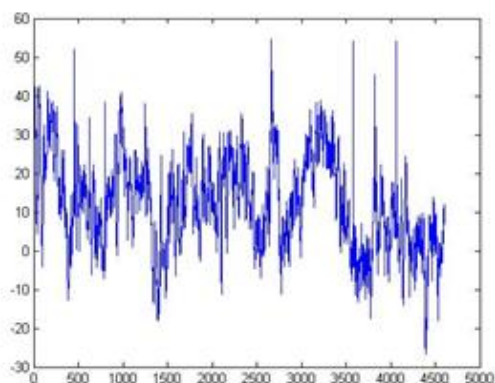
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	15,21	16,36	55,05



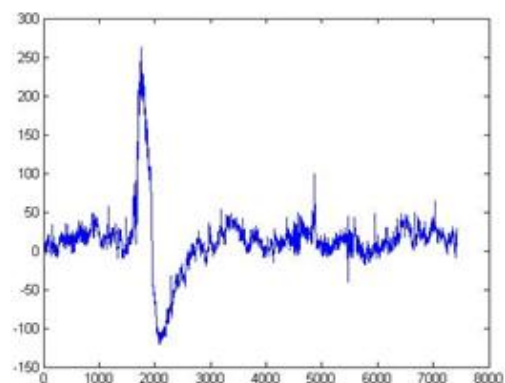
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	12,04	11,57	11,98



B – Com prótese auditiva F.

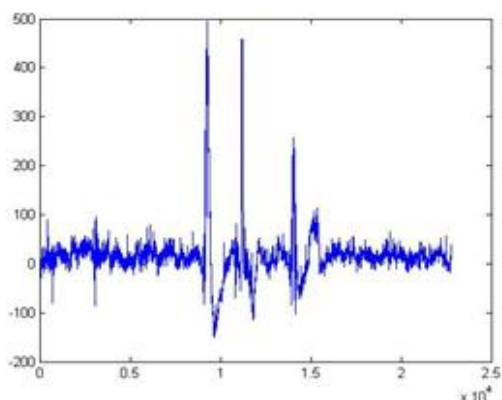
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
1	13,06	13,04	40,47



B – Sem prótese auditiva F.

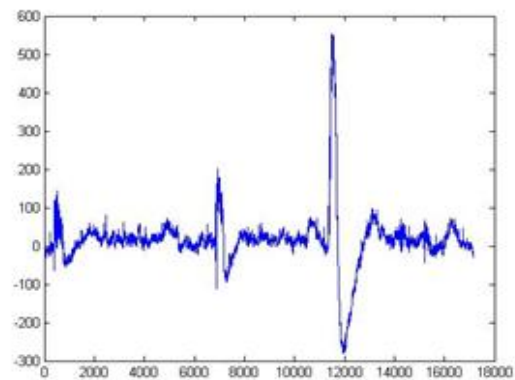
S2

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	15,58	13,81	48,95



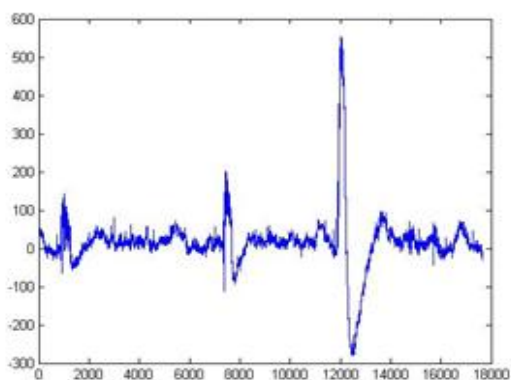
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	15,24	15,77	74,48



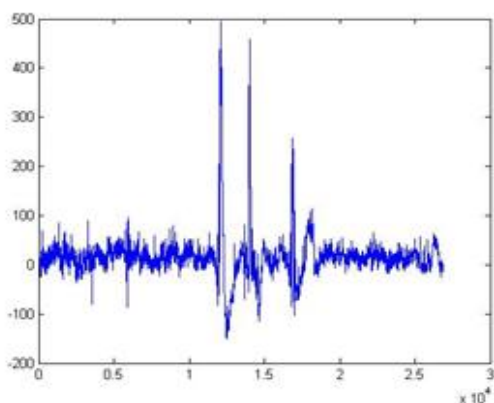
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	15,19	15,68	73,48



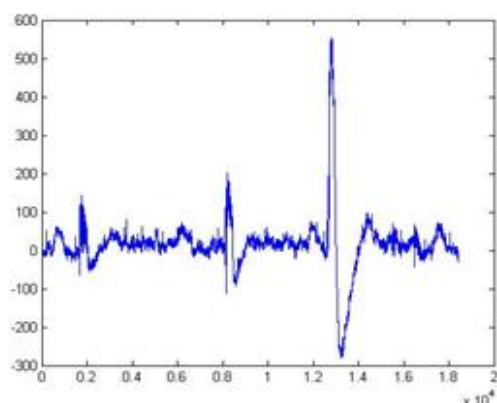
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	15,28	13,57	45,61



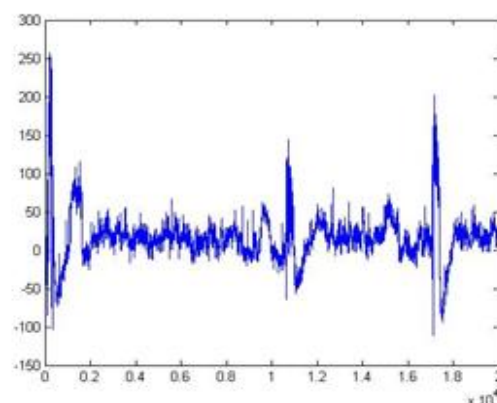
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	15,13	15,28	72,08



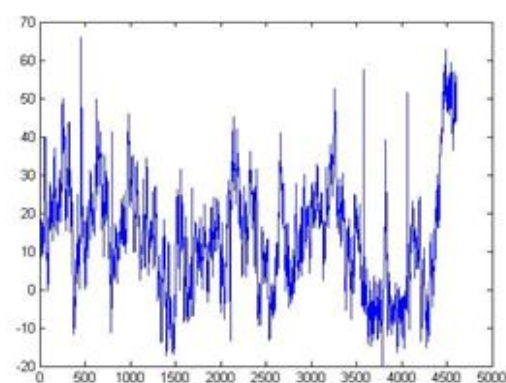
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	16,19	14,89	30,74



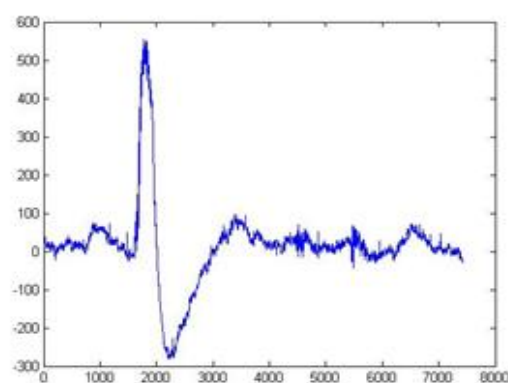
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	13,63	13,09	14,53



B – Com prótese auditiva F.

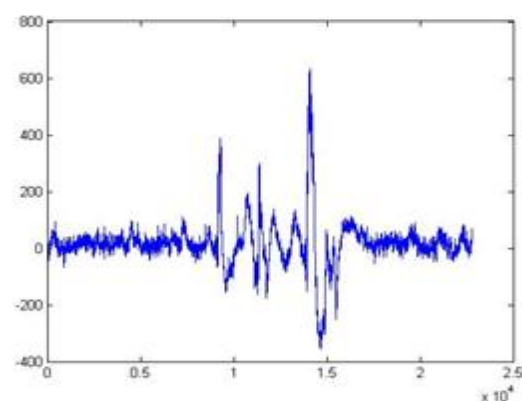
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
2	14,18	14,89	107,43



B – Sem prótese auditiva F.

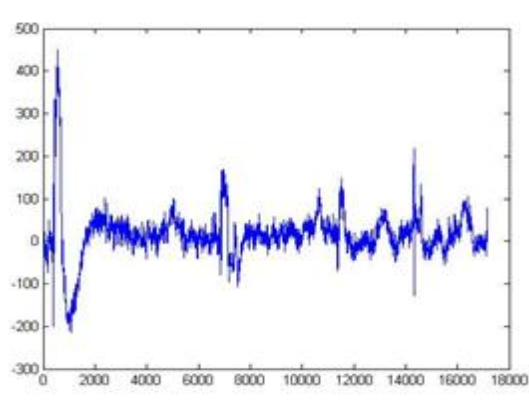
S3

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	15,93	14,69	84,04



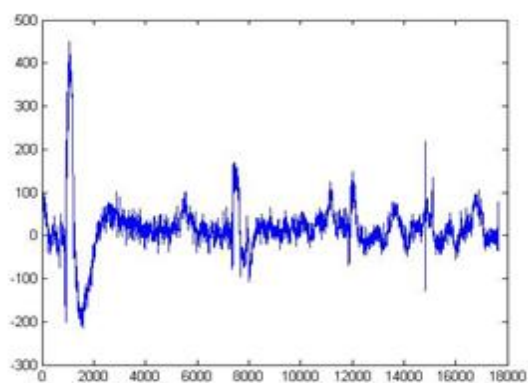
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	15,74	13,92	59,33



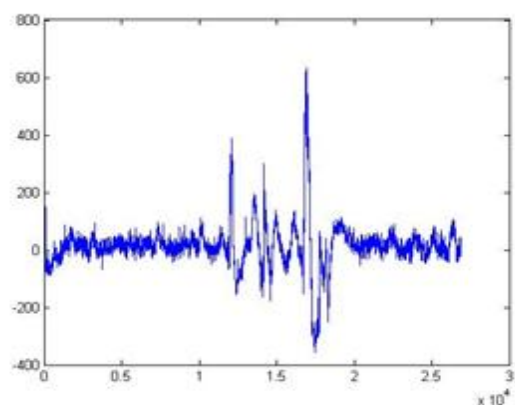
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	15,94	13,92	58,79



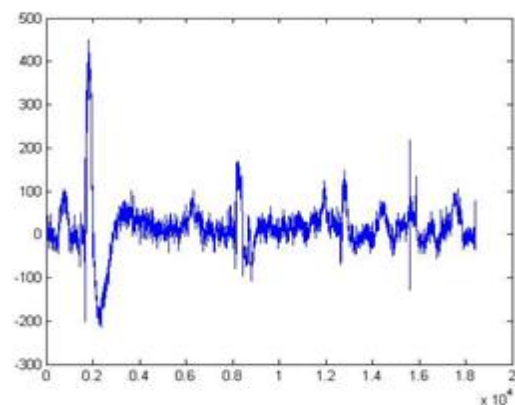
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	14,56	13,43	79,16



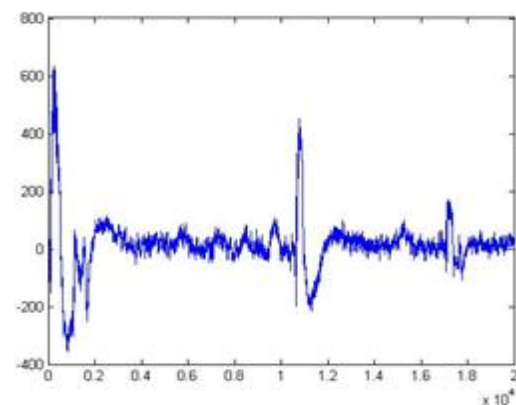
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	15,87	13,57	58,00



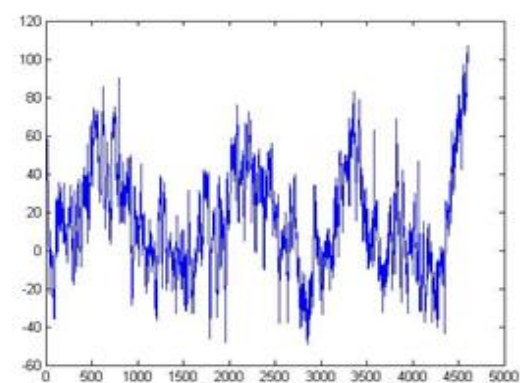
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	14,42	14,59	92,52



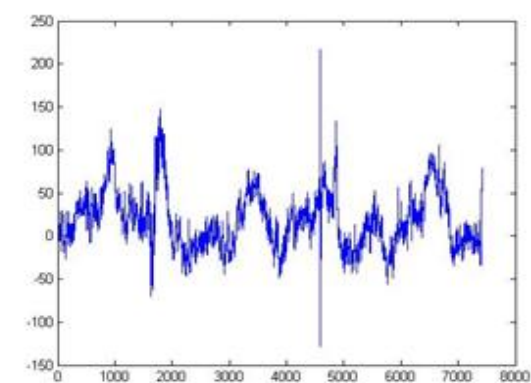
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	15,43	12,74	27,05



B – Com prótese auditiva F.

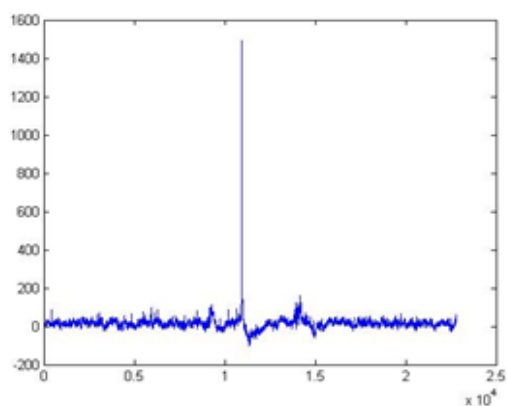
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
3	17,95	14,01	32,76



B – Sem prótese auditiva F.

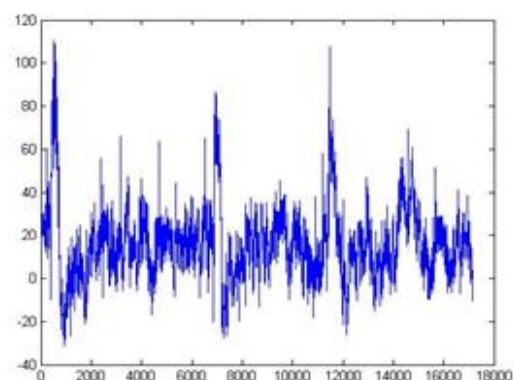
S4

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	15,36	14,59	43,49



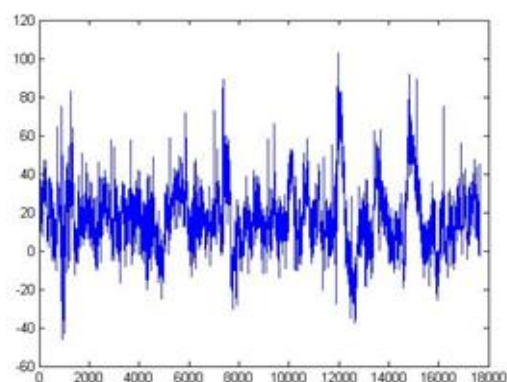
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	16,13	15,38	16,52



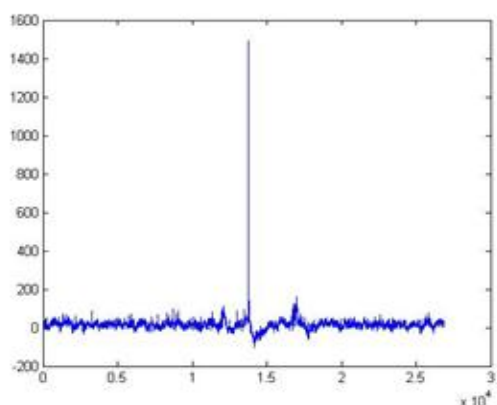
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	16,39	15,58	16,44



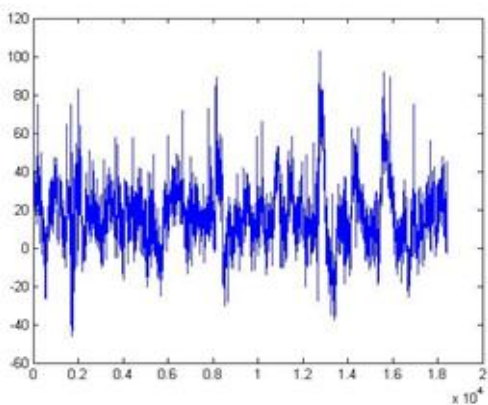
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	15,69	15,19	40,48



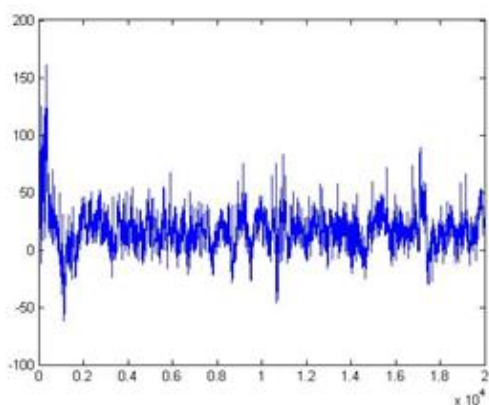
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	16,45	15,77	16,39



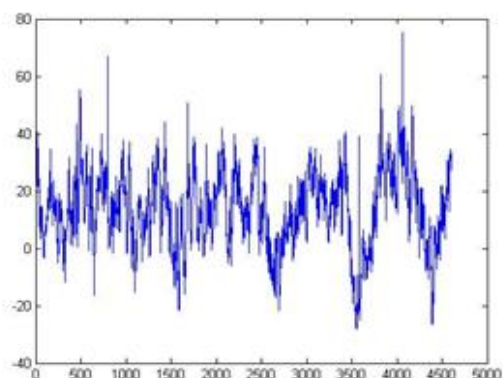
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	16,34	16,16	16,63



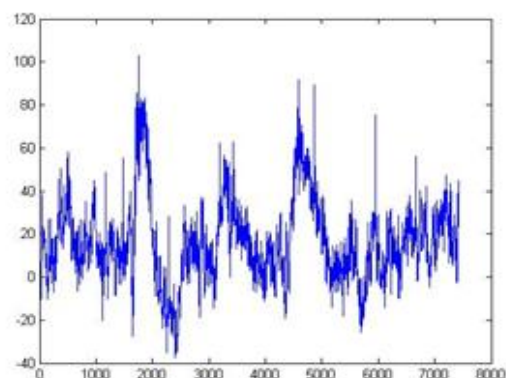
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	13,58	13,72	13,41



B – Com prótese auditiva F.

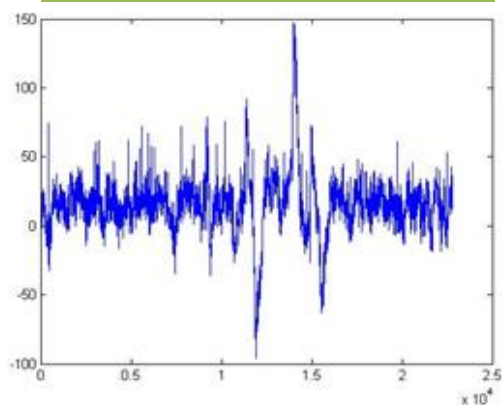
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
4	16,11	14,01	19,25



B – Sem prótese auditiva F.

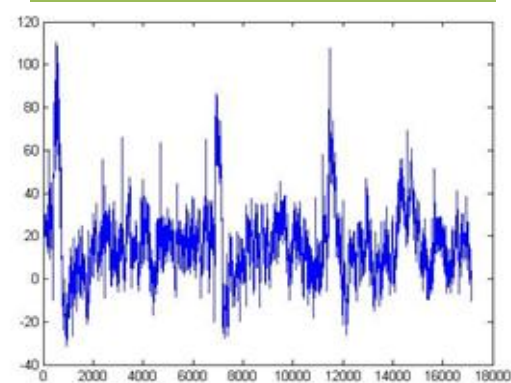
S5

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	14,67	14,99	21,04



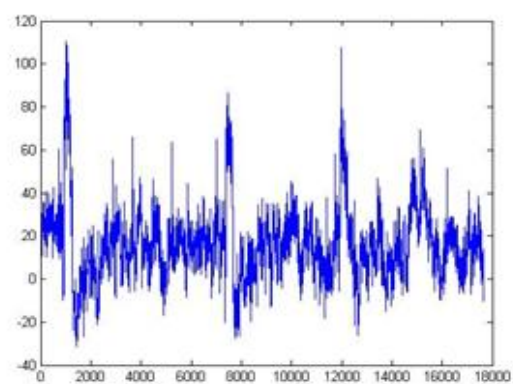
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	15,65	14,59	17,10



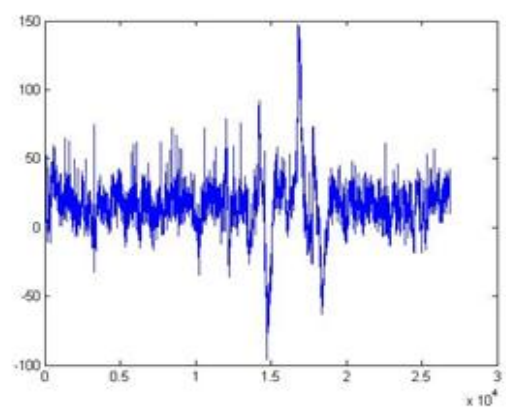
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	15,94	15,09	16,96



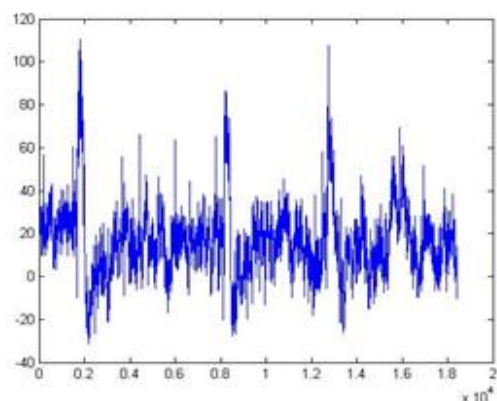
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	15,51	15,87	19,99



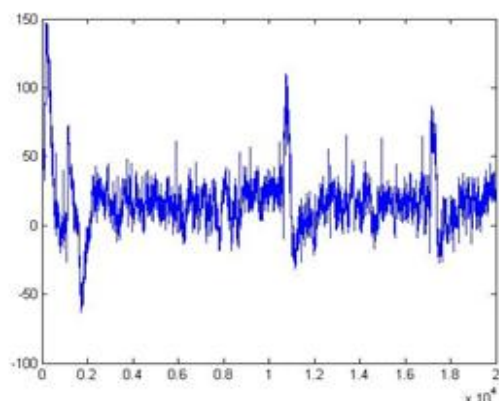
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	16,19	15,48	16,74



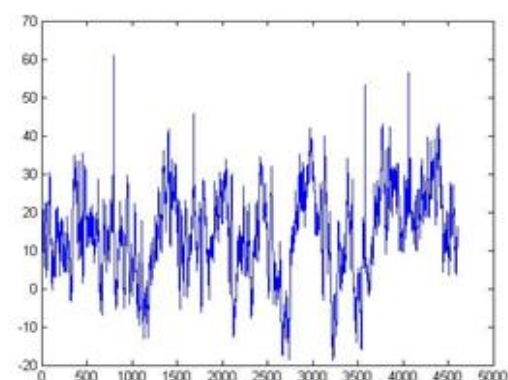
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	15,35	15,58	21,17



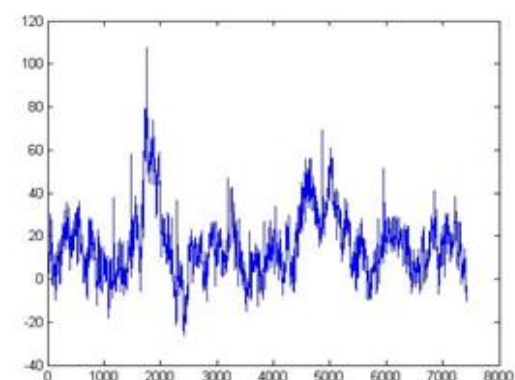
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	14,26	14,75	11,49



B – Com prótese auditiva F.

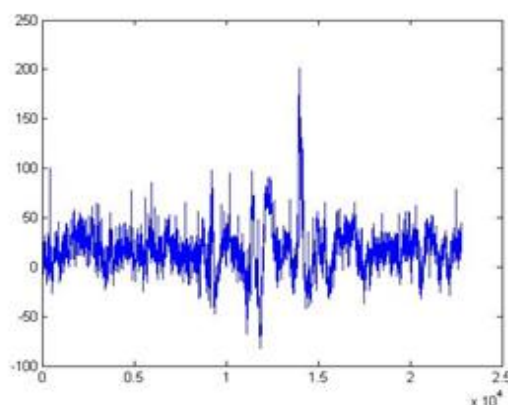
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	15,41	13,72	15,09



B – Sem prótese auditiva F.

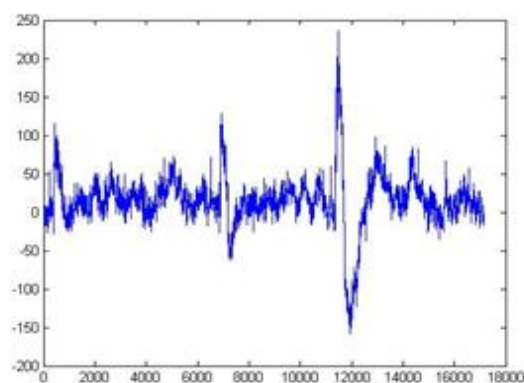
S6

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	16,03	15,87	21,89



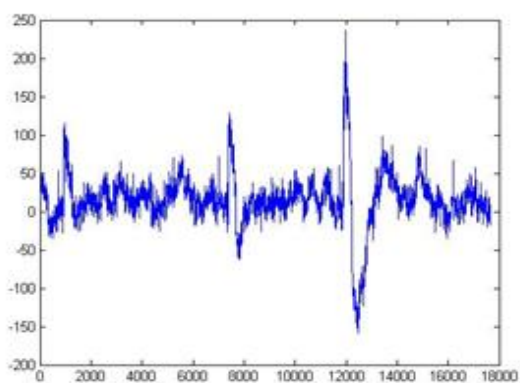
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	14,50	14,21	35,05



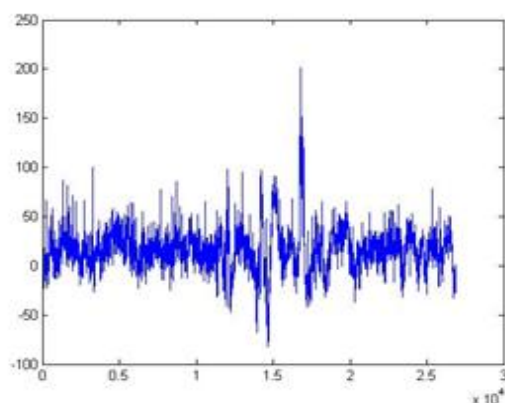
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	14,36	14,21	34,75



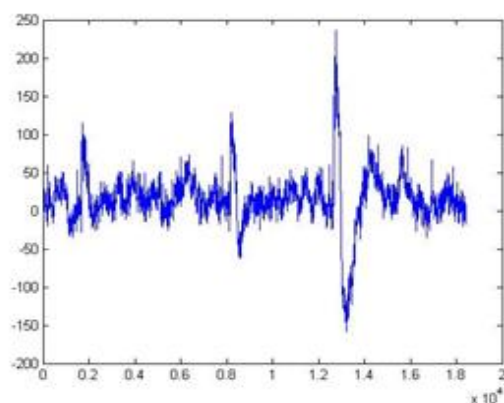
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	15,63	15,63	21,13



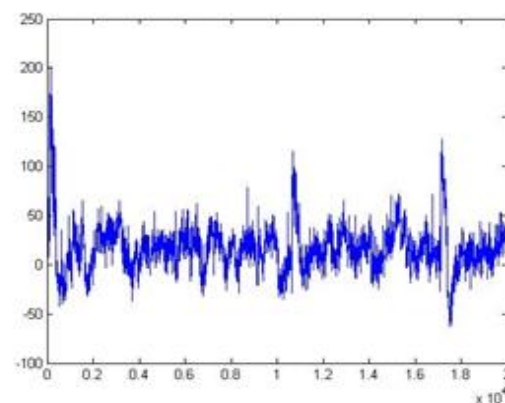
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
5	14,35	14,31	34,13



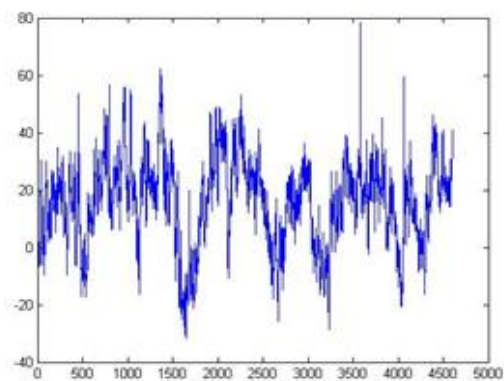
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	16,32	15,48	23,11



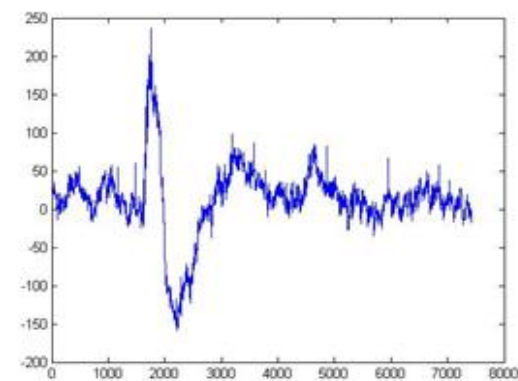
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	15,79	17,53	15,19



B – Com prótese auditiva F.

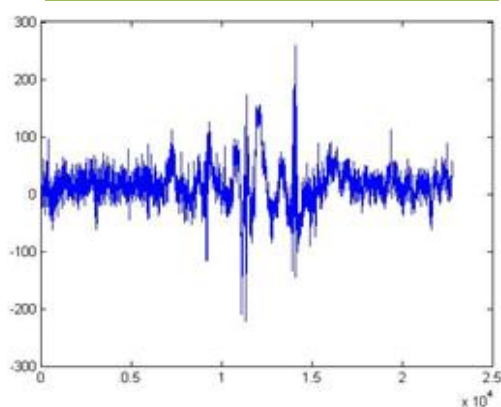
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
6	12,42	14,79	46,25



B – Sem prótese auditiva F.

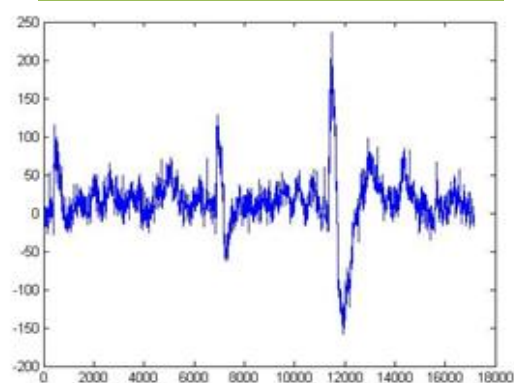
S7

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	14,9	14,04	31,83



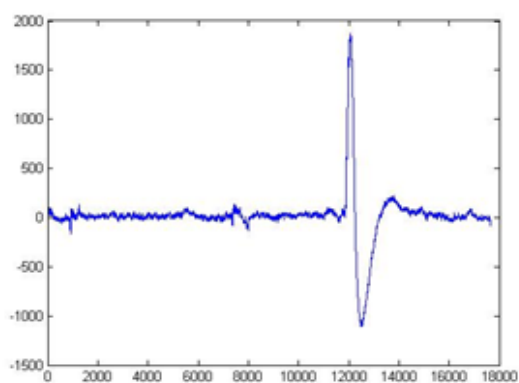
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	14,18	16,46	256,61



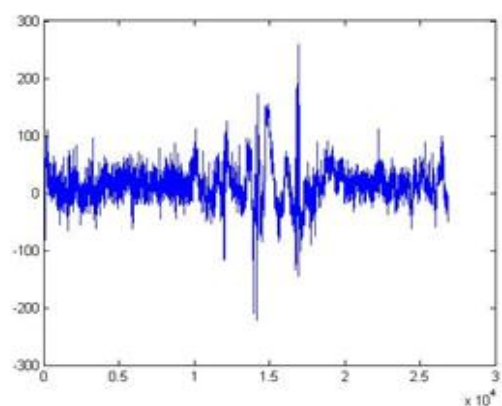
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	14,18	16,36	252,96



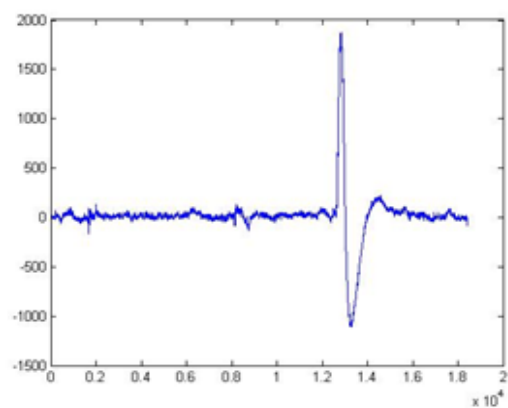
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	14,07	13,62	31,55



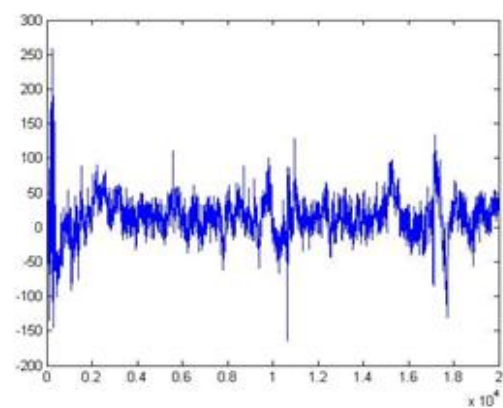
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	14,01	15,97	247,68



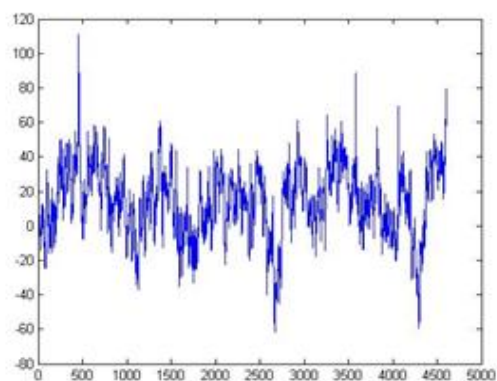
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	13,64	13,62	27,71



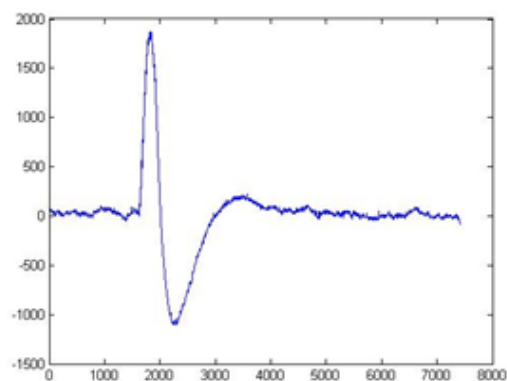
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	13,93	14,45	20,55



B – Com prótese auditiva F.

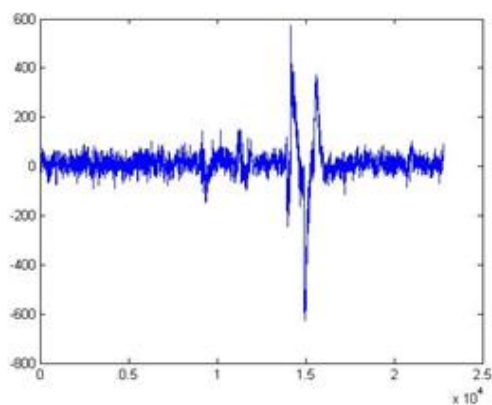
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
7	15,16	27,98	388,78



B – Sem prótese auditiva F.

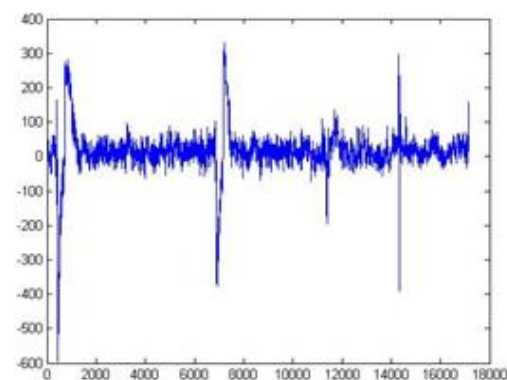
S8

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,35	13,23	68,19



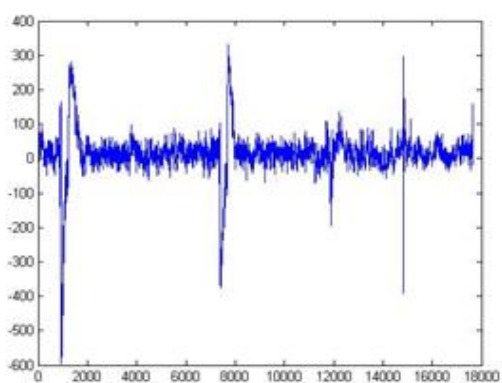
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,69	14,59	64,54



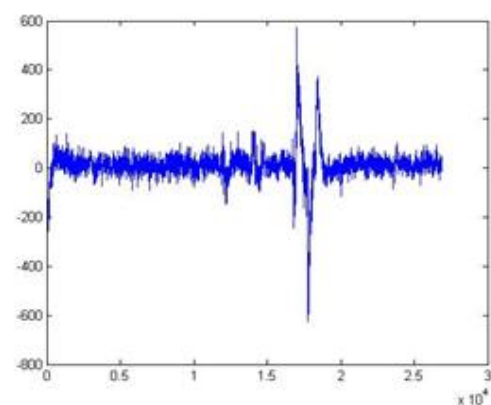
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,88	14,79	63,75



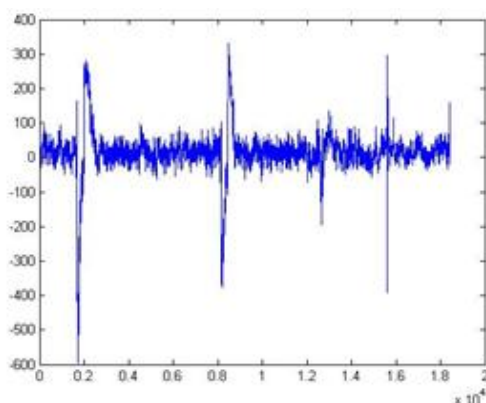
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,58	14,59	65,41



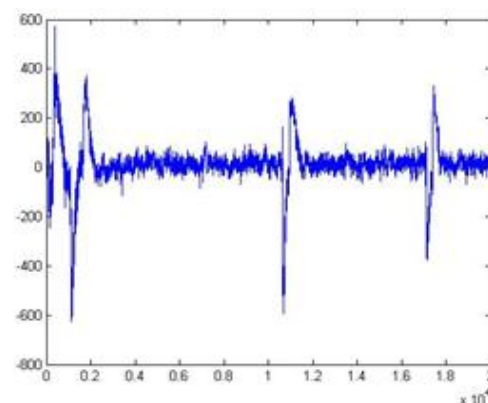
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	15,15	15,08	62,59



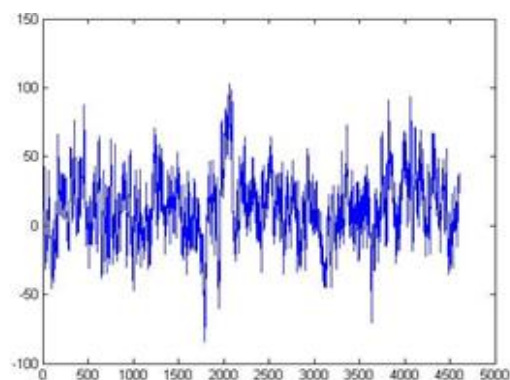
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,95	13,53	89,32



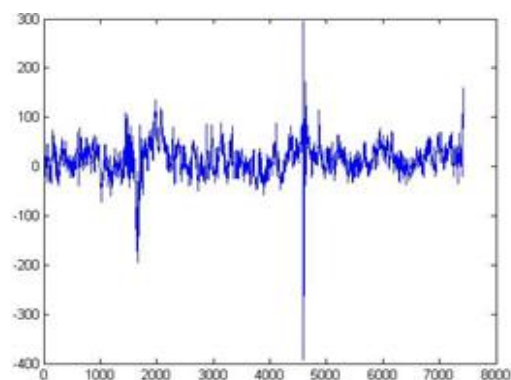
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	12,96	12,16	24,19



B – Com prótese auditiva F.

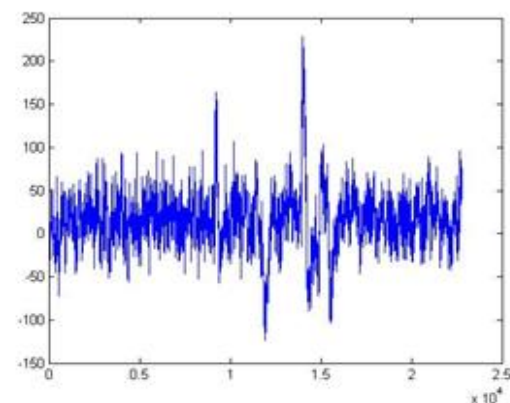
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	14,94	14,11	31,42



B – Sem prótese auditiva F.

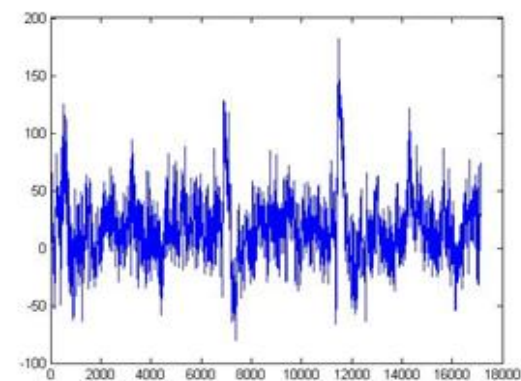
S9

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	15,06	15,48	32,39



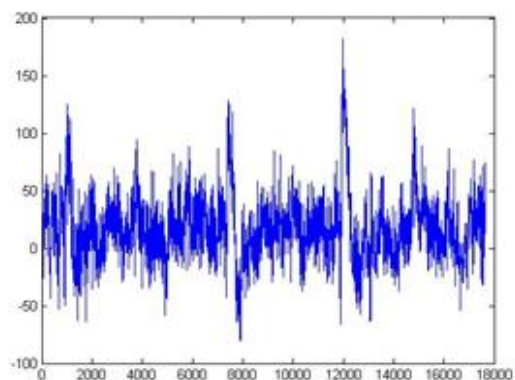
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
8	16,32	14,50	28,06



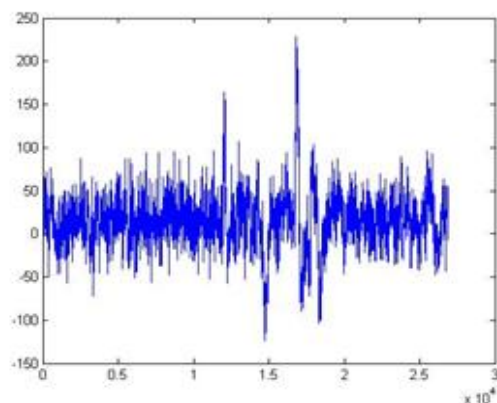
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	16,45	14,79	27,89



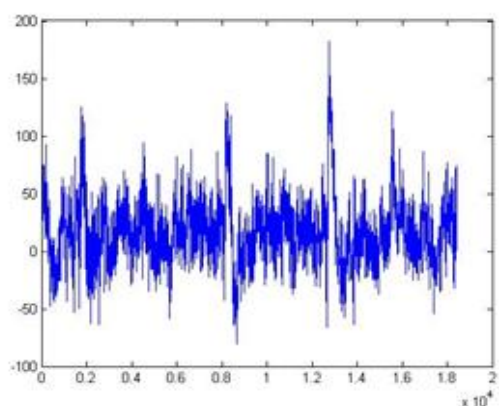
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	14,91	15,28	31,32



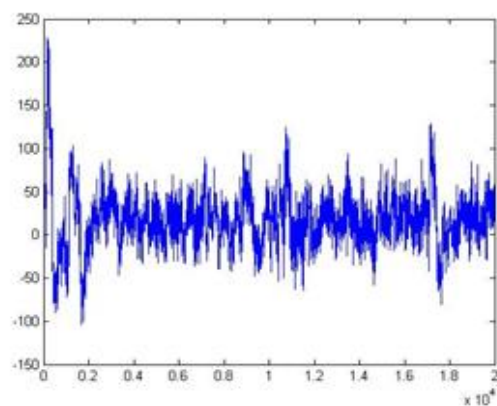
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	16,18	14,59	28,06



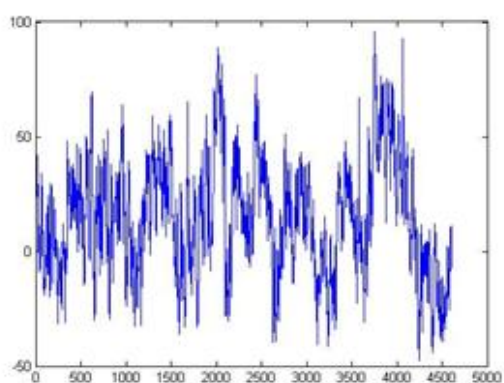
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	16,29	15,67	32,32



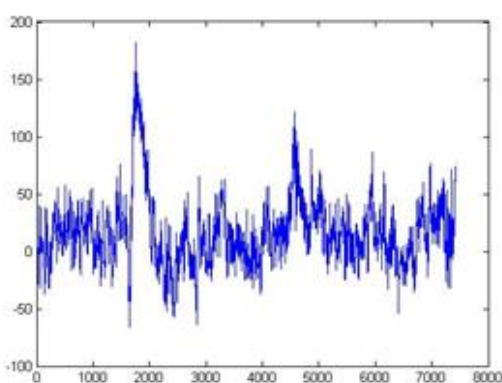
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	14,34	13,18	24,99



B – Com prótese auditiva F.

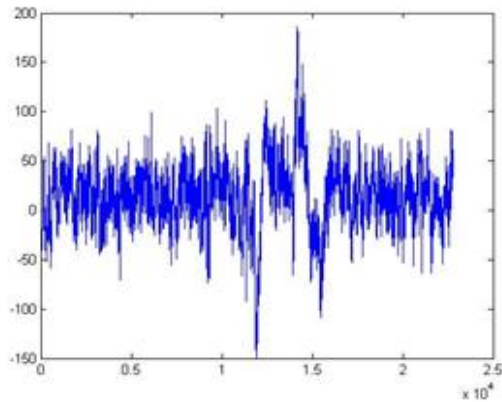
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
9	15,92	12,94	29,64



B – Sem prótese auditiva F.

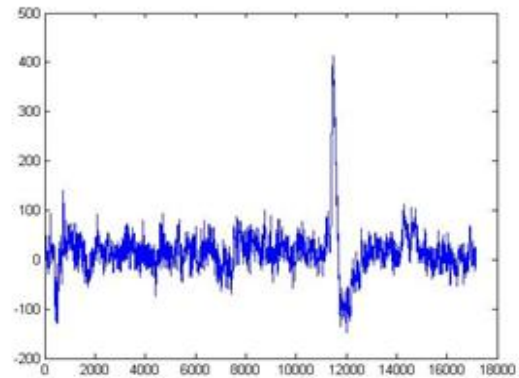
S10

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	14,16	14,99	32,86



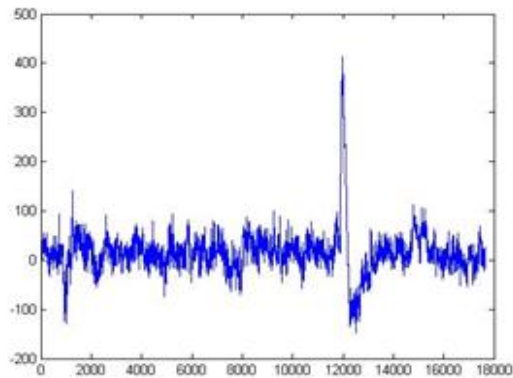
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	14,84	13,43	45,78



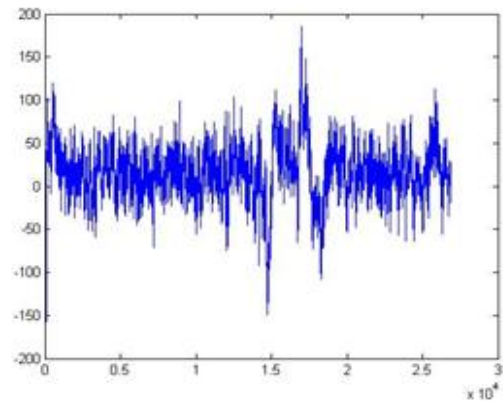
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	14,86	13,62	45,19



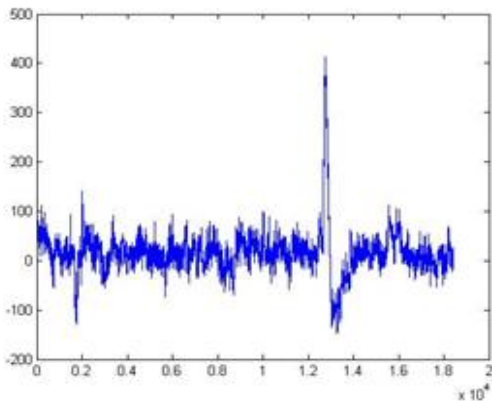
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	15,34	16,36	33,93

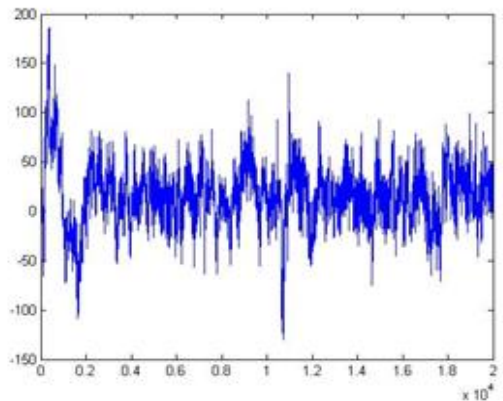


B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	15,73	14,40	44,78

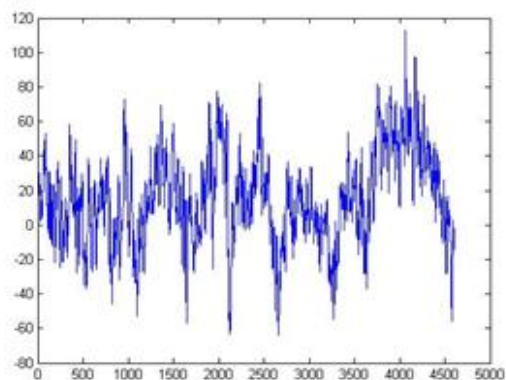


B – Com prótese auditiva C1.



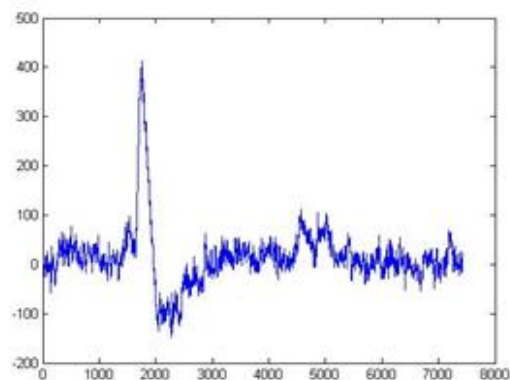
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	15,08	13,82	26,58



B – Com prótese auditiva F.

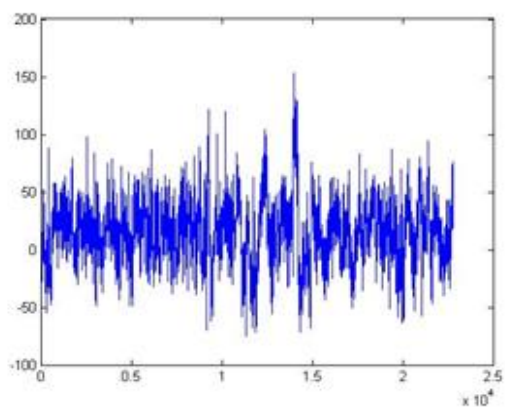
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
10	14,69	10,11	61,97



B – Sem prótese auditiva F.

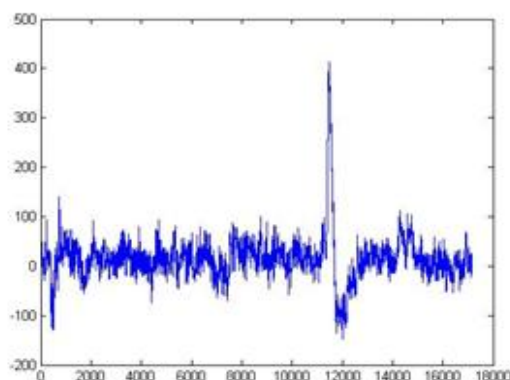
S11

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	14,94	15,28	26,93



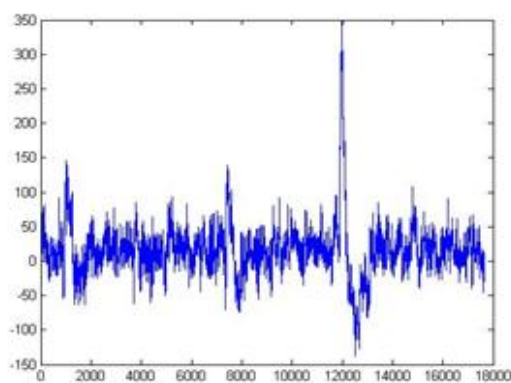
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	15,81	14,01	39,20



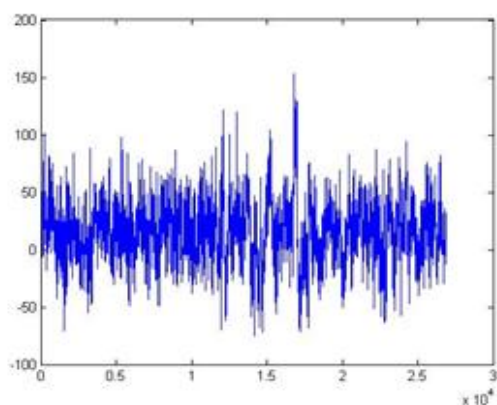
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	15,89	14,21	38,81



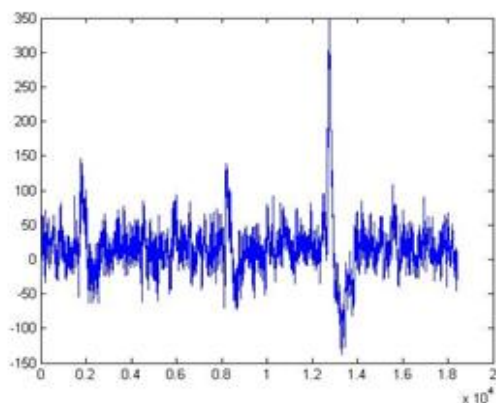
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	14,98	15,28	26,39



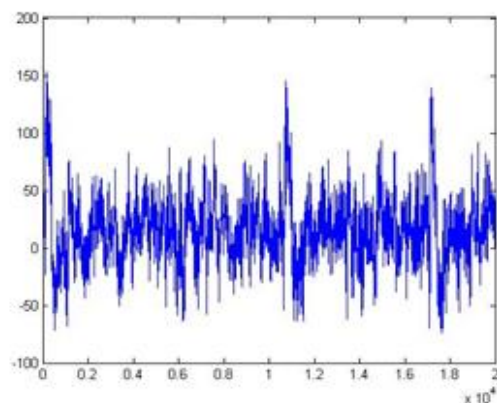
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	16,06	14,50	38,23



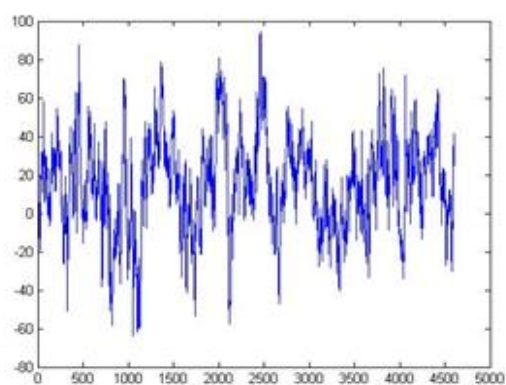
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	15,36	14,50	28,95



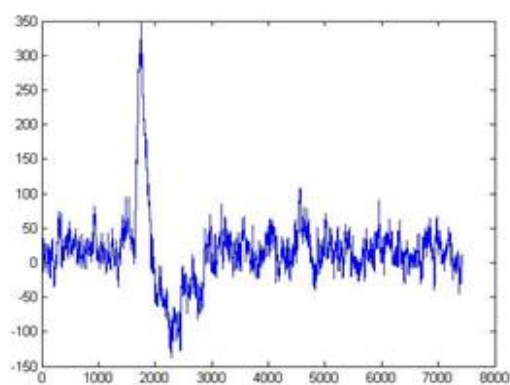
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	14,98	15,58	25,10



B – Com prótese auditiva F.

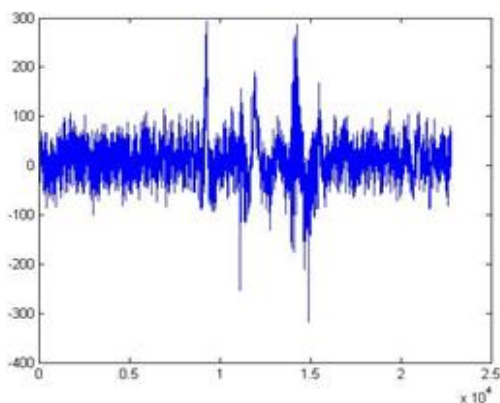
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
11	15,59	13,72	49,08



B – Sem prótese auditiva F.

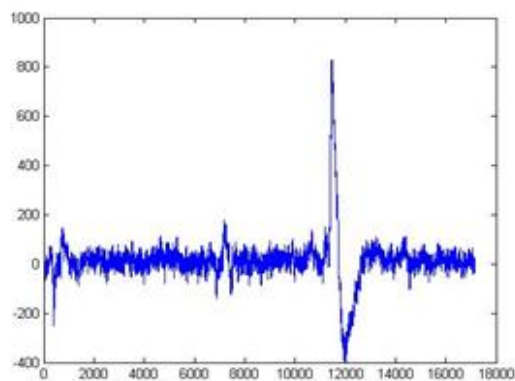
S12

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	15,16	13,82	41,04



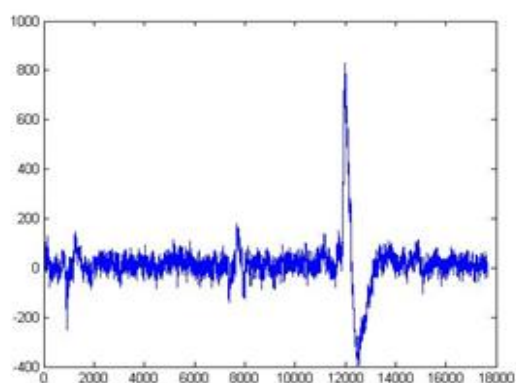
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	15,96	16,55	94,43



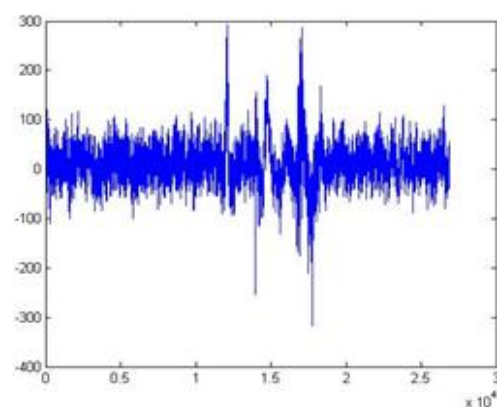
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	15,92	16,46	93,19



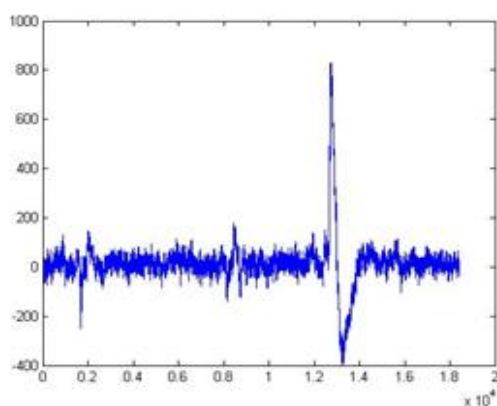
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	14,67	13,62	39,63



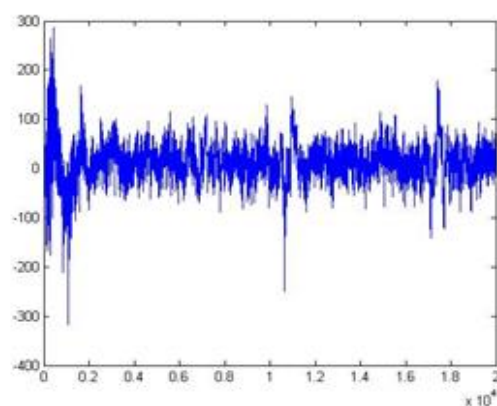
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	16,63	16,06	91,44



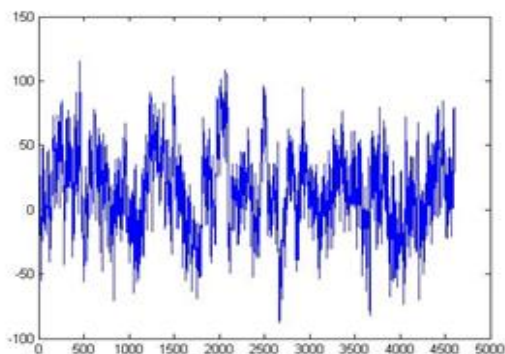
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	14,73	14,59	38,76



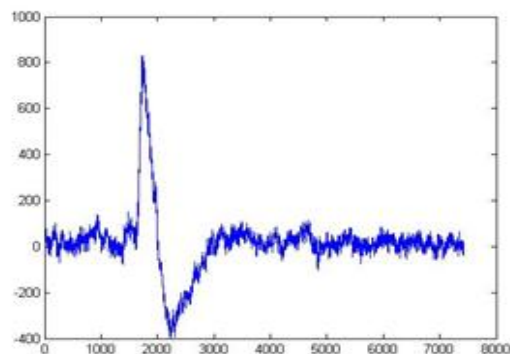
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	15,34	14,79	30,59



B – Com prótese auditiva F.

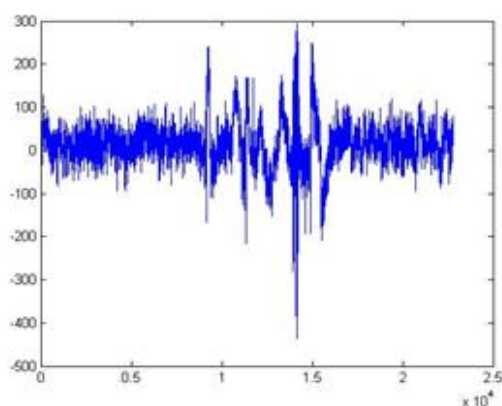
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
12	18,17	19,48	137,53



B – Sem prótese auditiva F.

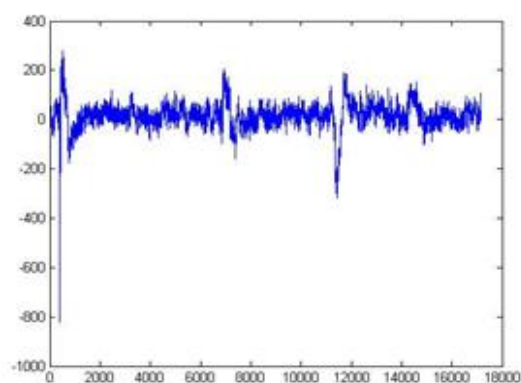
S13

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,09	13,92	48,11



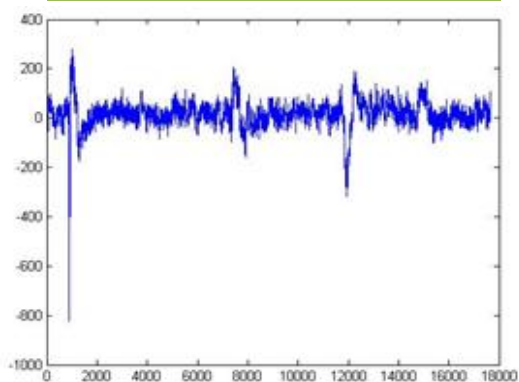
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,74	16,16	51,52



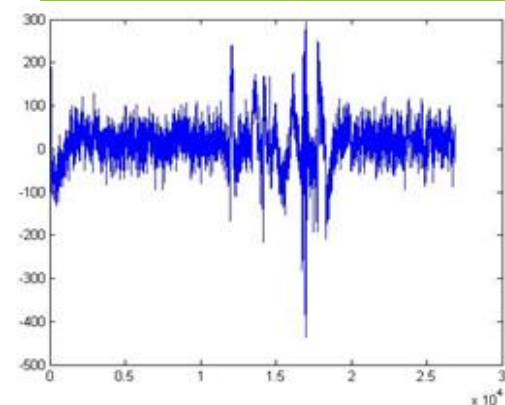
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,77	16,26	51,09



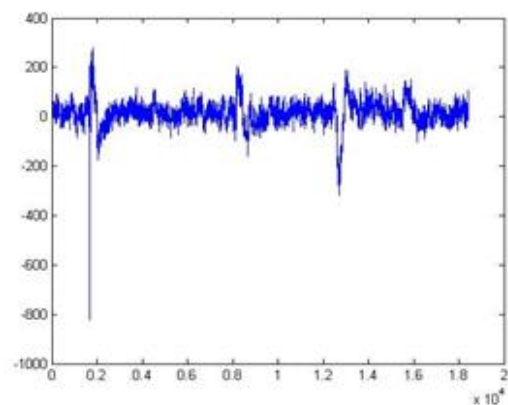
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	13,94	13,53	48,22



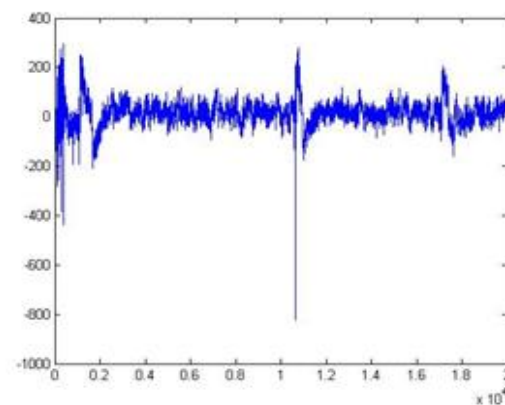
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,85	16,46	50,25



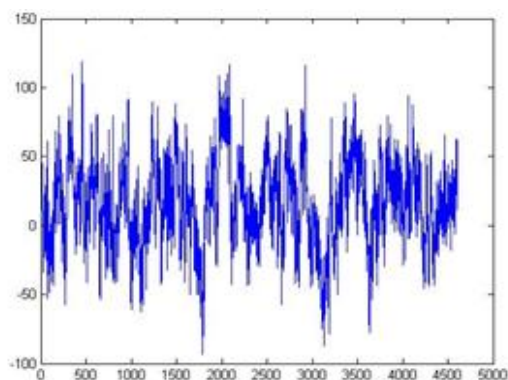
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	15,26	15,87	49,54



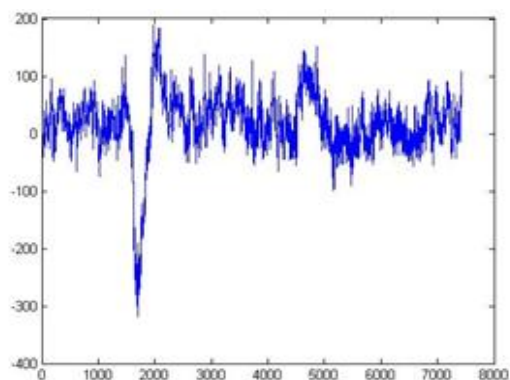
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,53	16,60	31,73



B – Com prótese auditiva F.

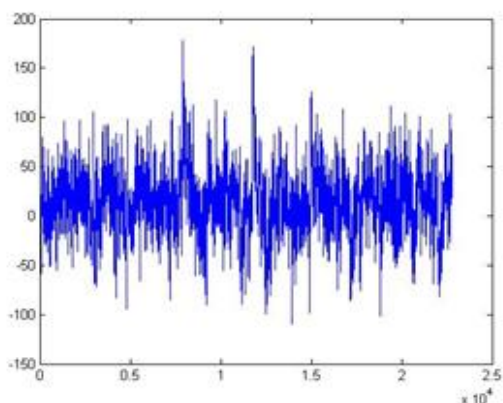
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
13	16,50	17,53	55,39



B – Sem prótese auditiva F.

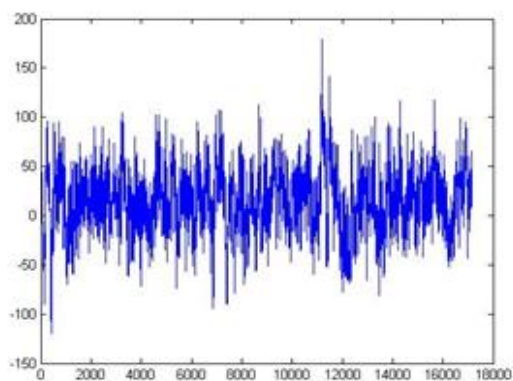
S14

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	13,83	13,23	48,11



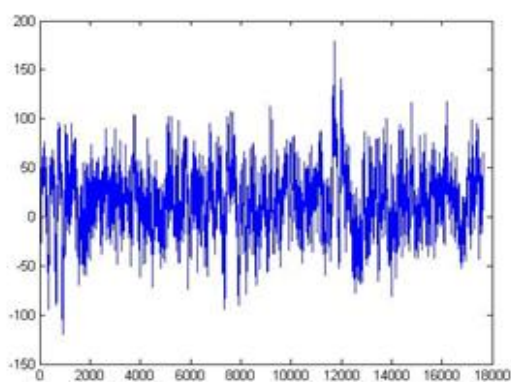
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	15,04	15,48	32,09



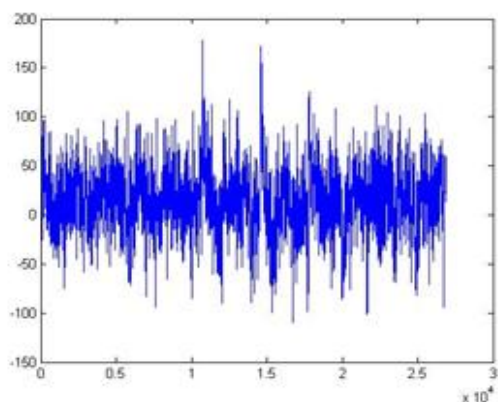
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	15,26	15,97	32,22



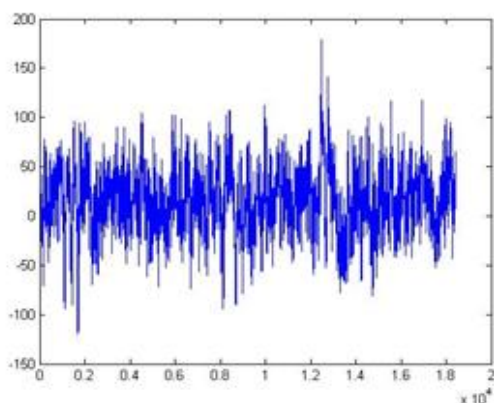
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	14,15	13,82	31,90



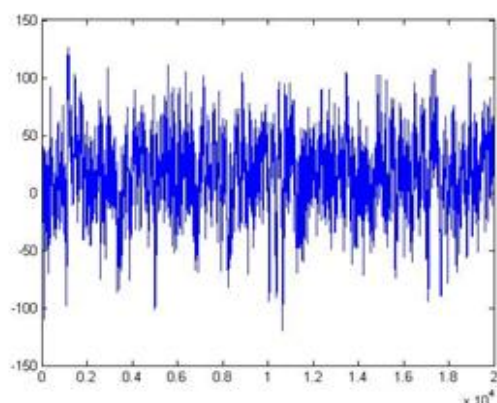
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	15,23	15,97	31,95



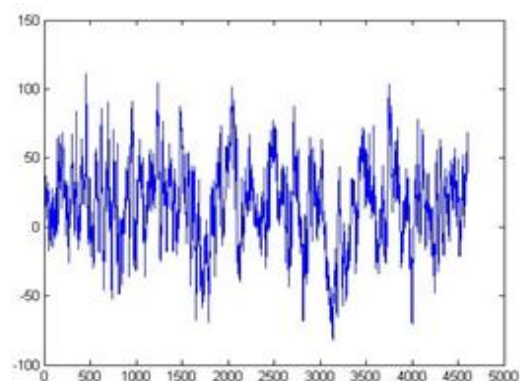
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	14,32	15,57	31,65



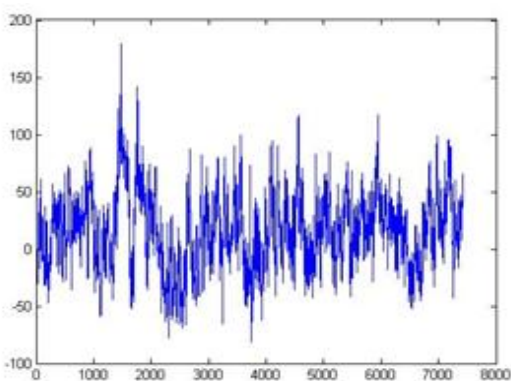
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	15,31	16,75	30,09



B – Com prótese auditiva F.

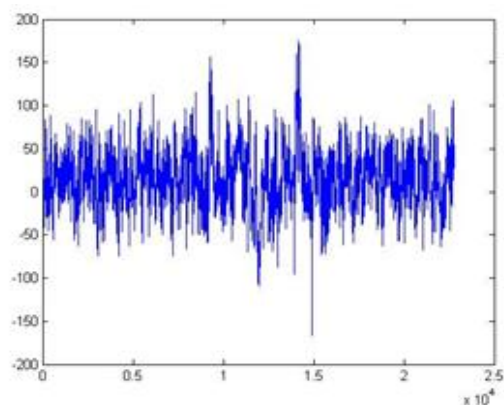
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
14	15,51	14,89	32,88



B – Sem prótese auditiva F.

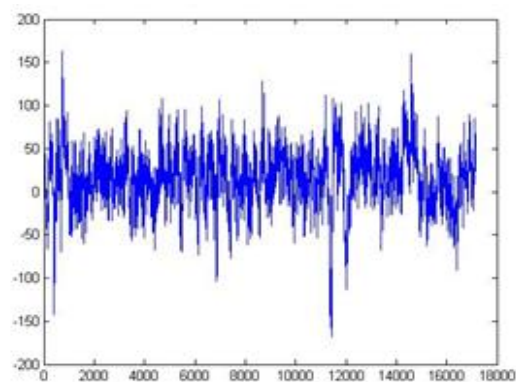
S15

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	14,87	14,31	33,39



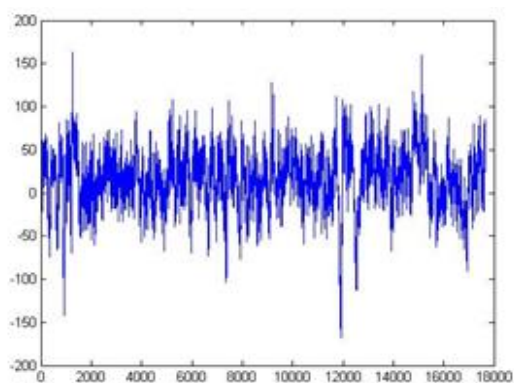
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	15,24	16,06	33,56



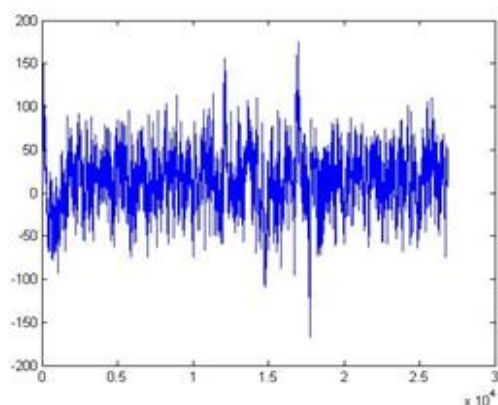
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	15,31	16,46	33,44



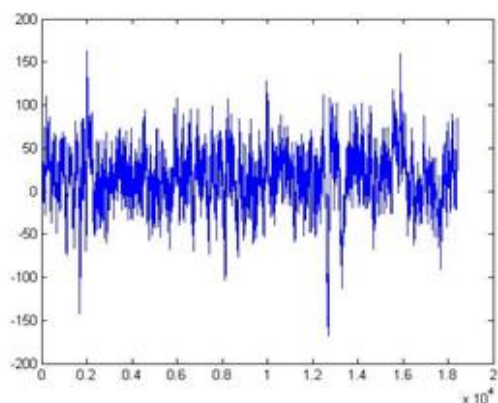
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	14,11	13,92	34,29



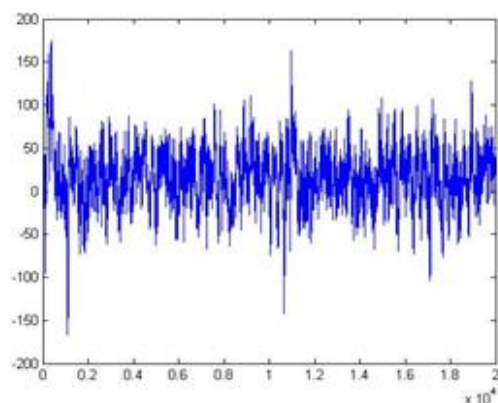
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	15,64	16,75	33,19



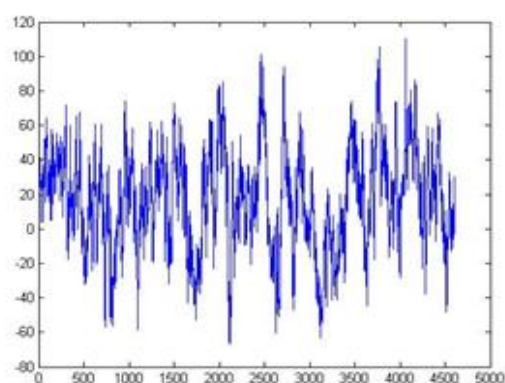
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	15,54	15,97	32,32



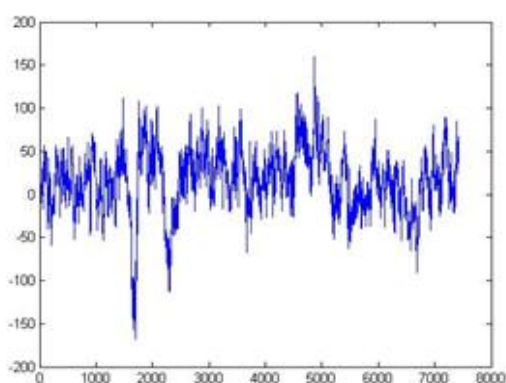
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	16,18	17,19	29,53



B – Com prótese auditiva F.

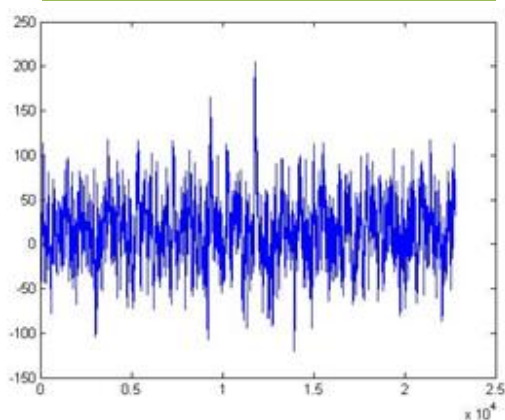
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
15	16,08	18,21	36,43



B – Sem prótese auditiva F.

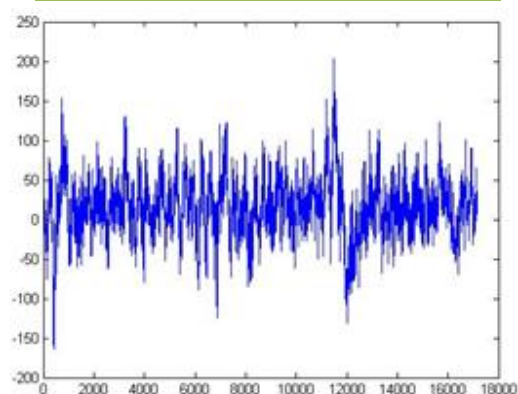
S16

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	14,71	14,59	35,57



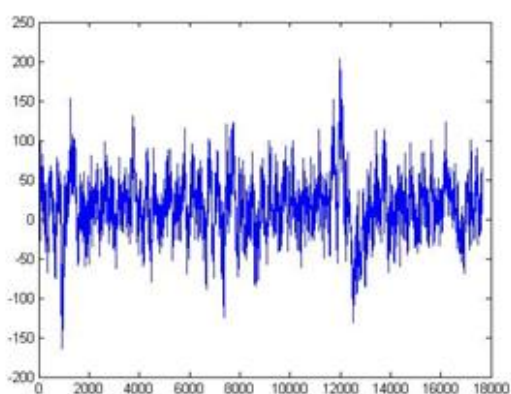
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	15,07	14,45	37,28



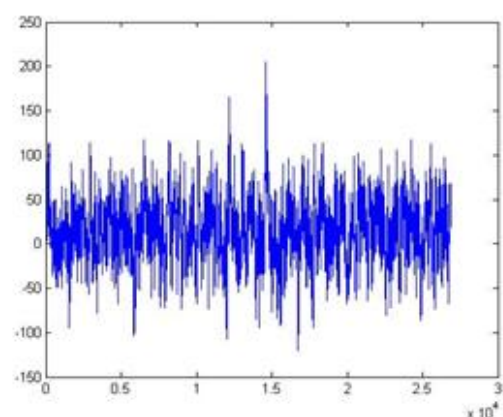
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	15,25	14,69	37,13



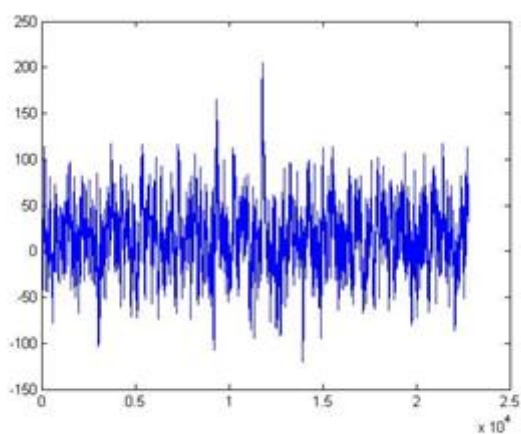
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	14,39	14,11	34,70



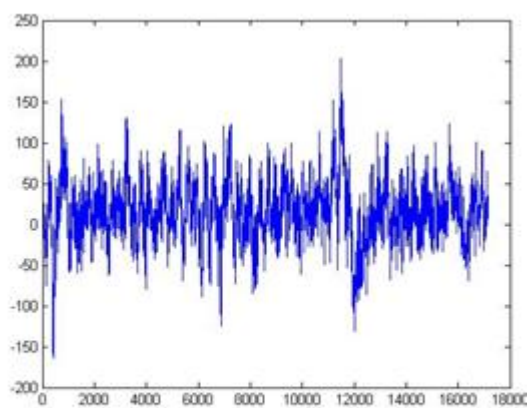
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	15,21	14,79	36,90



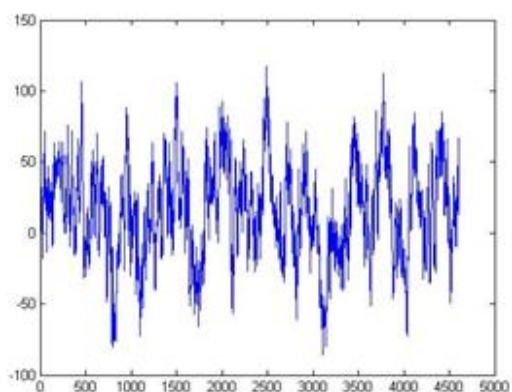
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	14,90	15,09	35,27



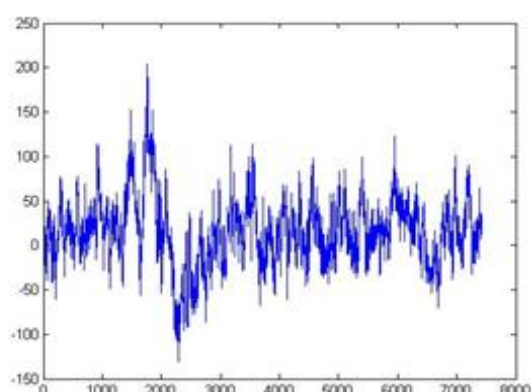
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	15,22	15,58	33,52



B – Com prótese auditiva F.

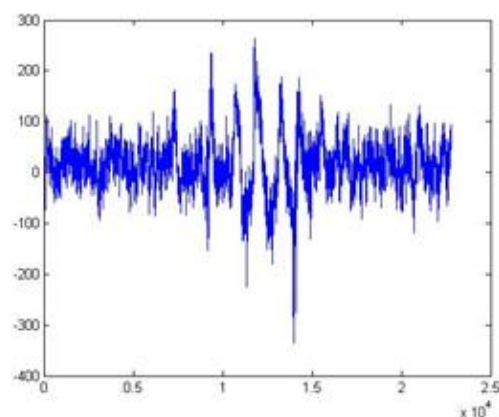
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
16	15,18	14,21	38,42



B – Sem prótese auditiva F.

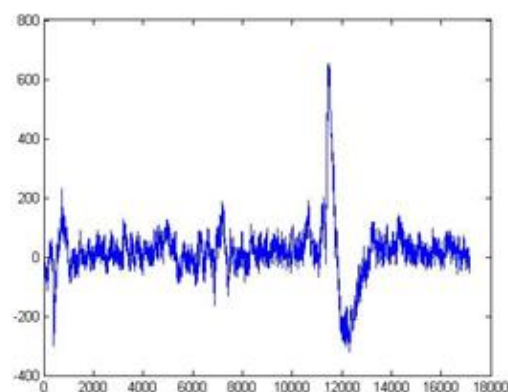
S17

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	15,98	14,31	52,82



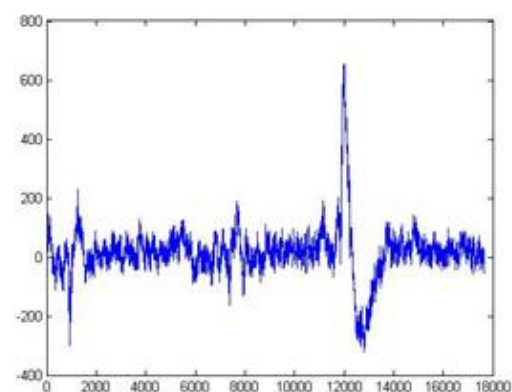
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	15,75	16,45	89,34



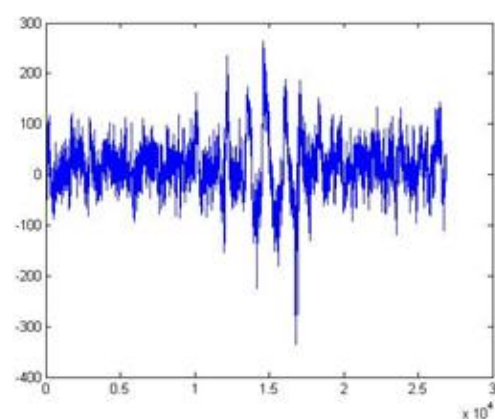
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	15,79	16,46	88,50



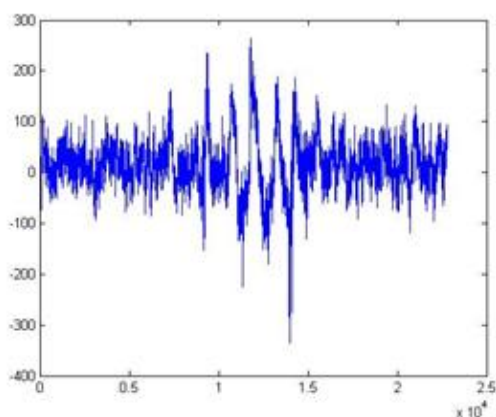
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	15,63	14,21	51,29



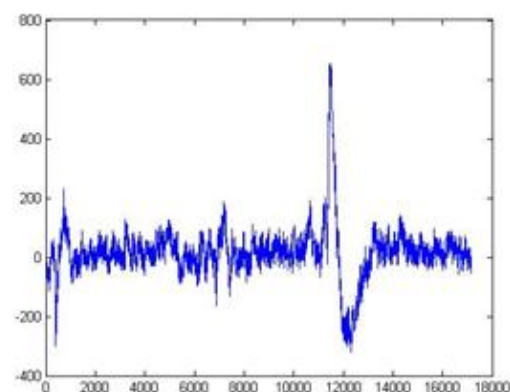
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	16,13	16,55	87,17



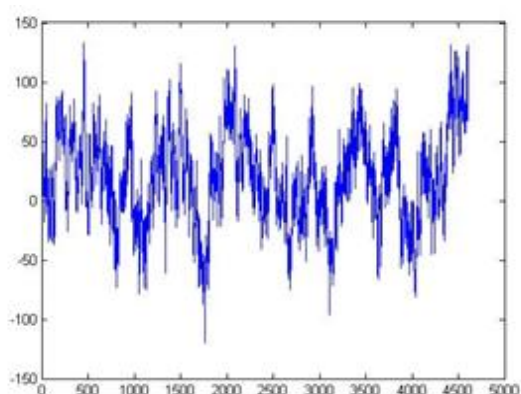
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	15,83	15,77	46,90



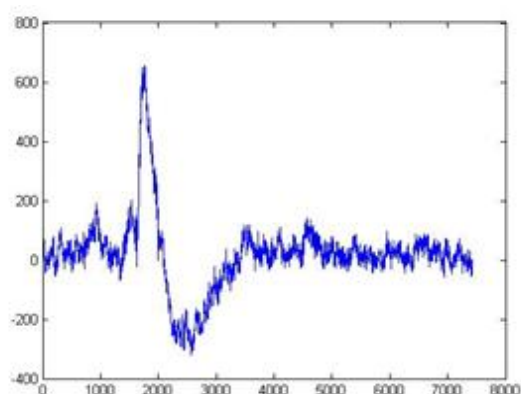
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	19,39	17,72	38,85



B – Com prótese auditiva F.

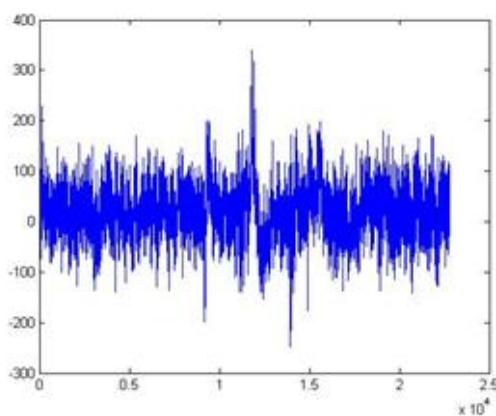
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
17	18,01	20,56	124,88



B – Sem prótese auditiva F.

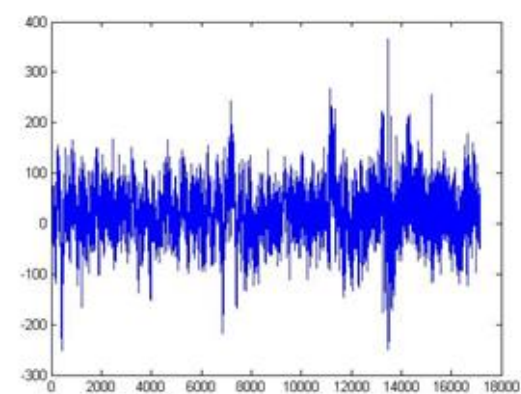
S18

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	15,62	14,65	49,59



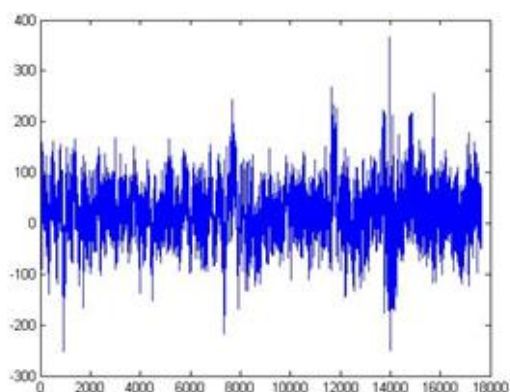
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	16,49	16,16	50,70



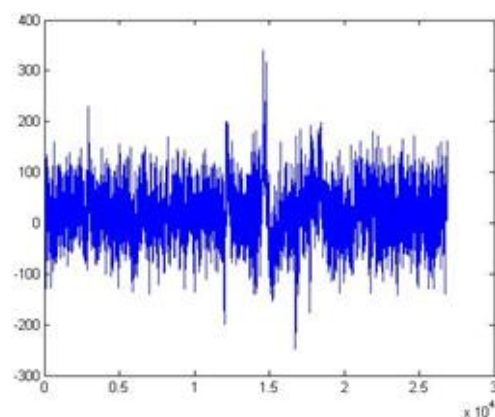
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	16,70	16,55	50,09



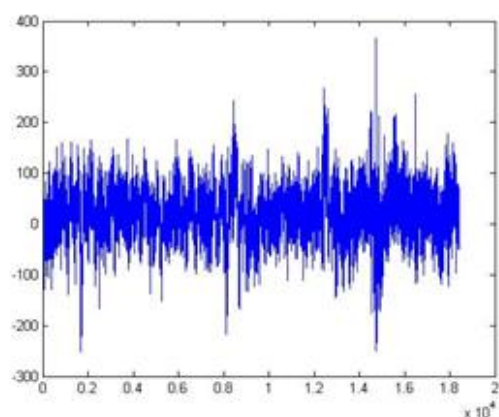
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	15,43	14,69	48,74



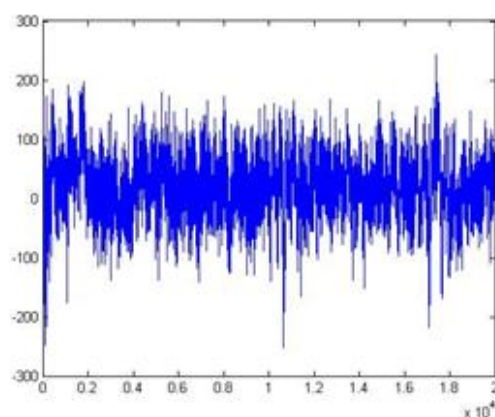
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	16,24	15,97	49,83



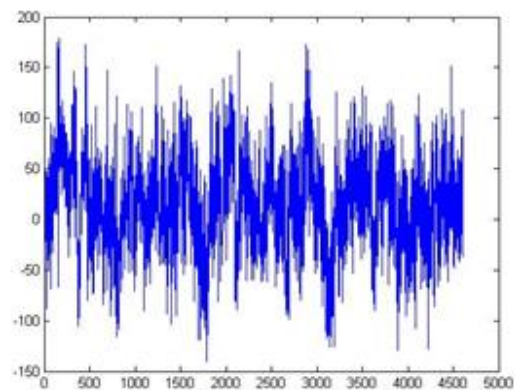
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	16,53	16,55	48,73



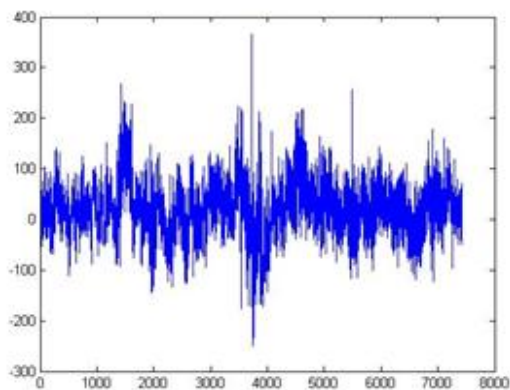
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	13,93	14,50	45,78



B – Com prótese auditiva F.

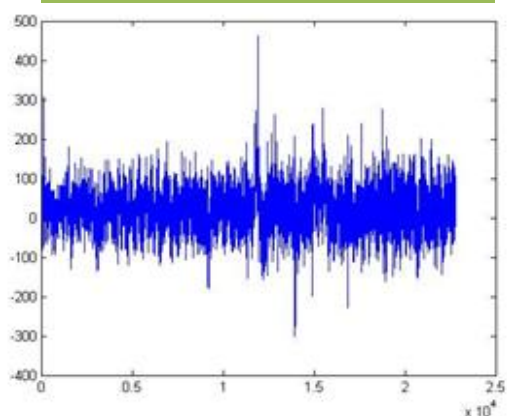
Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
18	17,16	15,38	53,26



B – Sem prótese auditiva F.

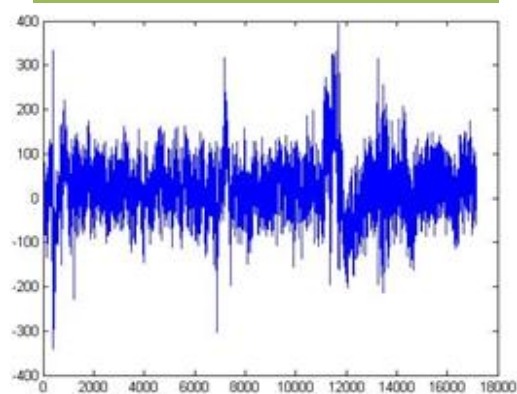
S19

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	15,64	15,08	49,64



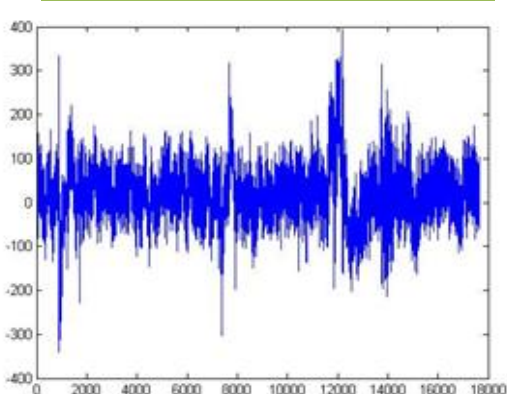
B – Com prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	16,39	15,77	59,70



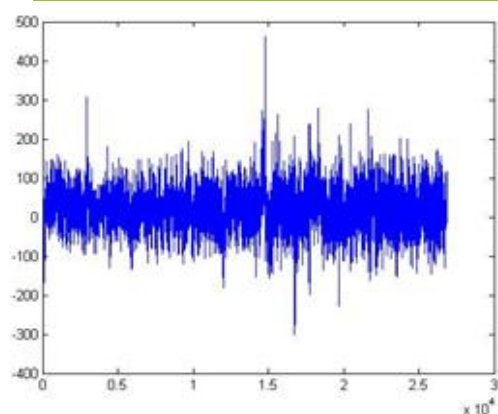
B – Sem prótese auditiva H1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	16,42	15,77	59,48



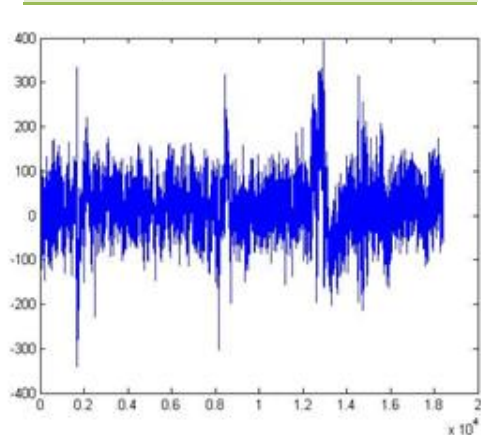
B – Com prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	15,74	15,58	49,64



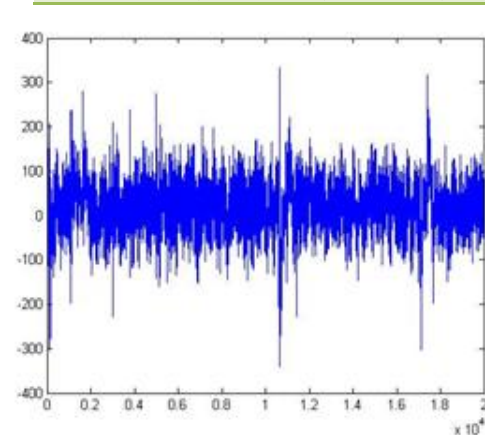
B – Sem prótese auditiva H2.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	16,02	15,38	59,08



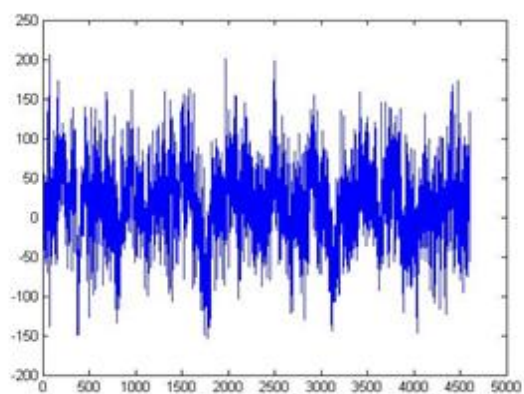
B – Com prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	15,55	15,77	52,97



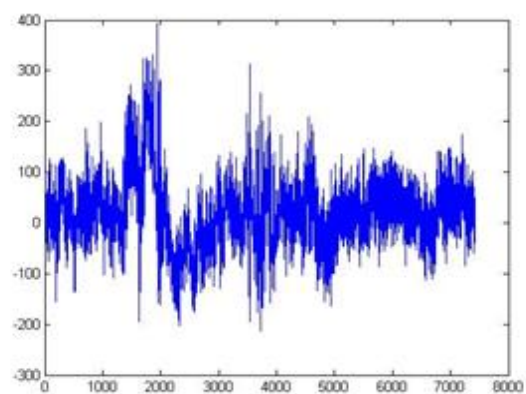
B – Sem prótese auditiva C1.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	15,12	15,53	49,74



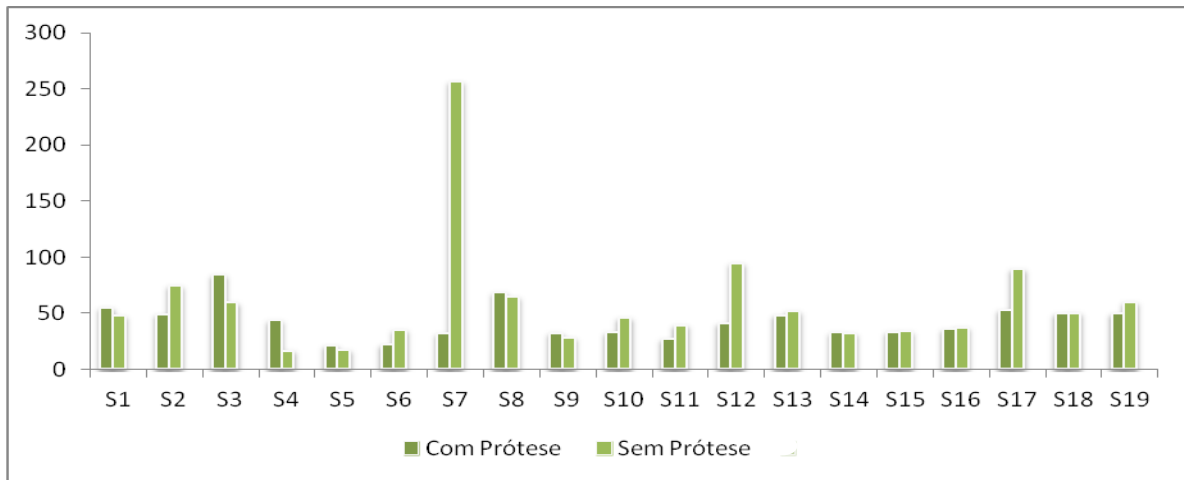
B – Com prótese auditiva F.

Sinal	Média	Mediana	Desvio Padrão
19	16,94	14,99	66,22

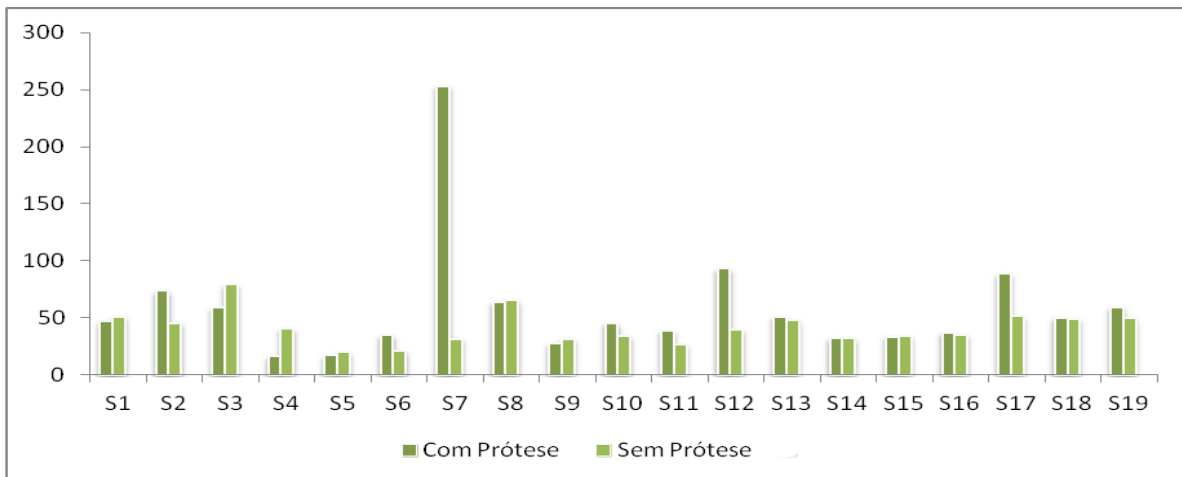


B – Sem prótese auditiva F.

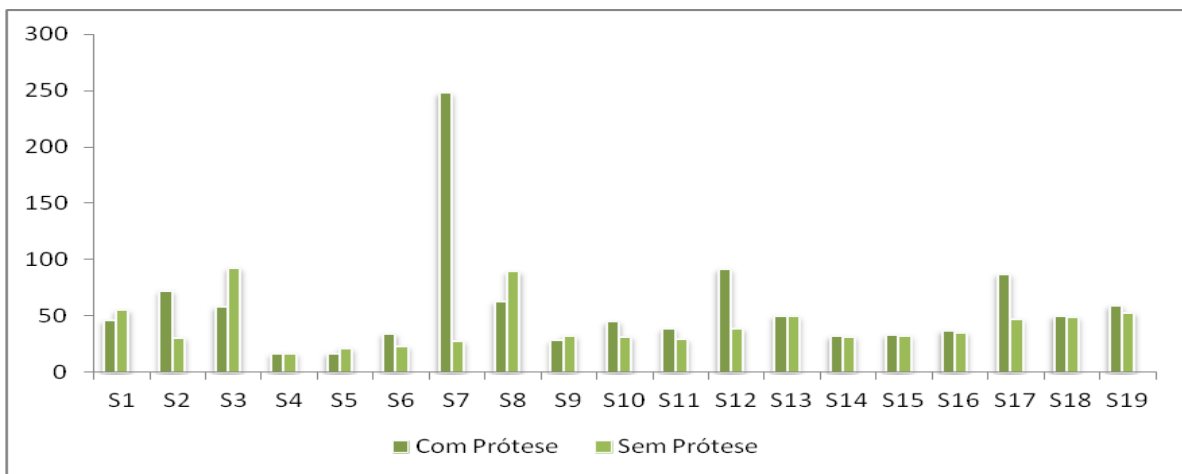
Desvio Padrão para os Sinais 8 e 13 – Indivíduos A



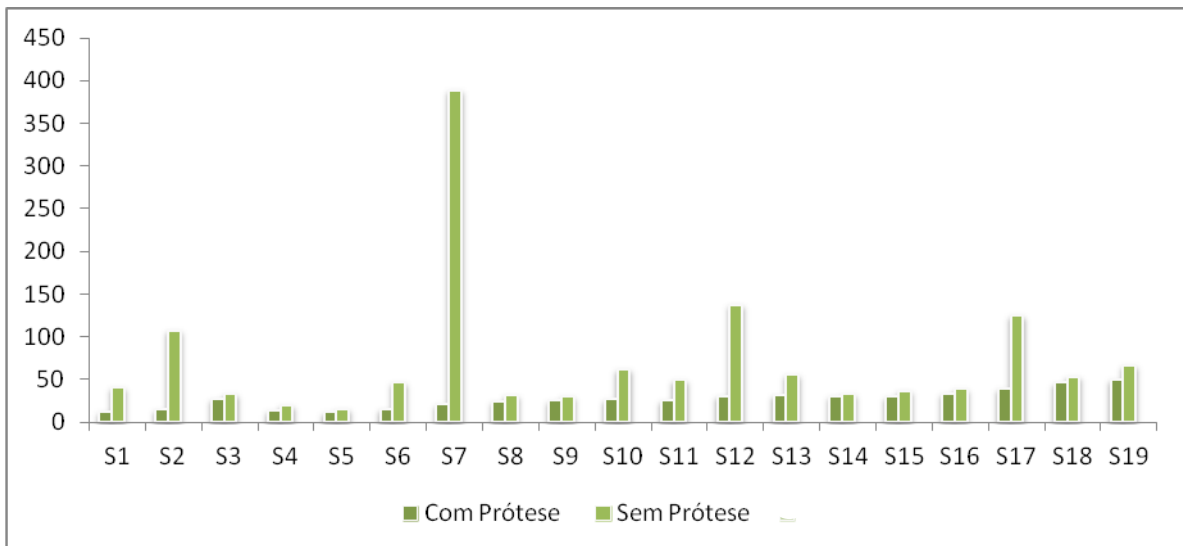
Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – **H1** (Indivíduo A).



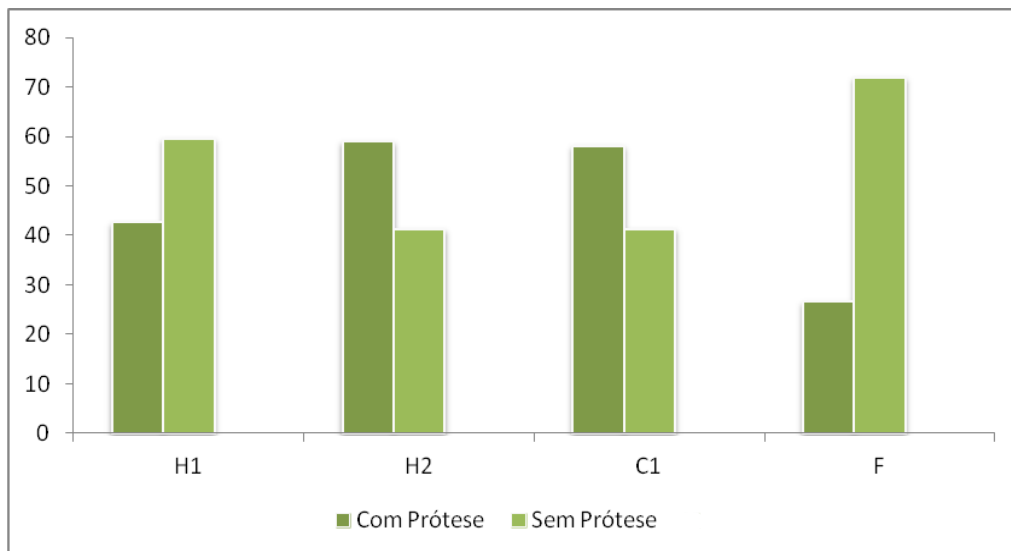
Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – **H2** (Indivíduo A).



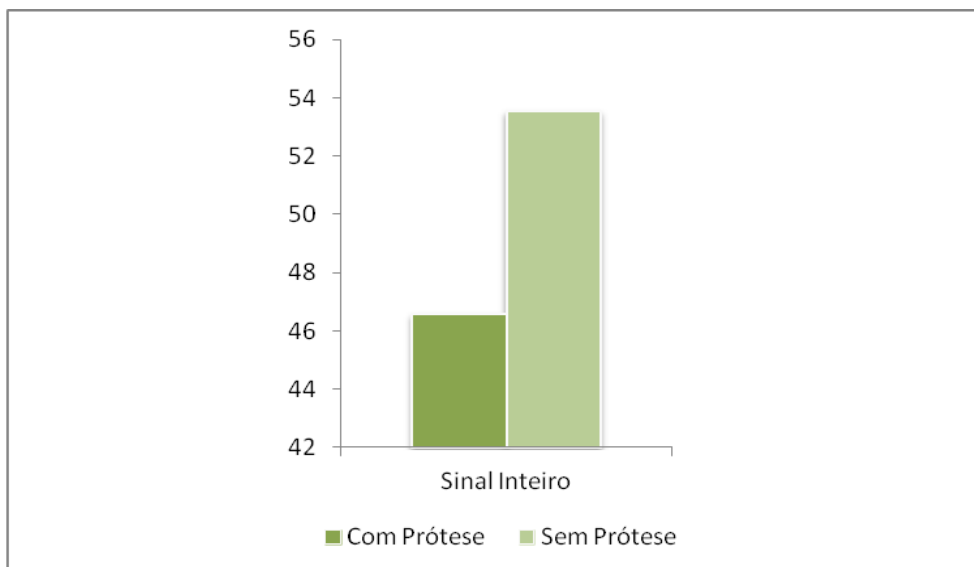
Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – **C1** (Indivíduo A).



Desvio padrão dos 19 Sinais, com e sem próteses auditivas – F (Indivíduo A).

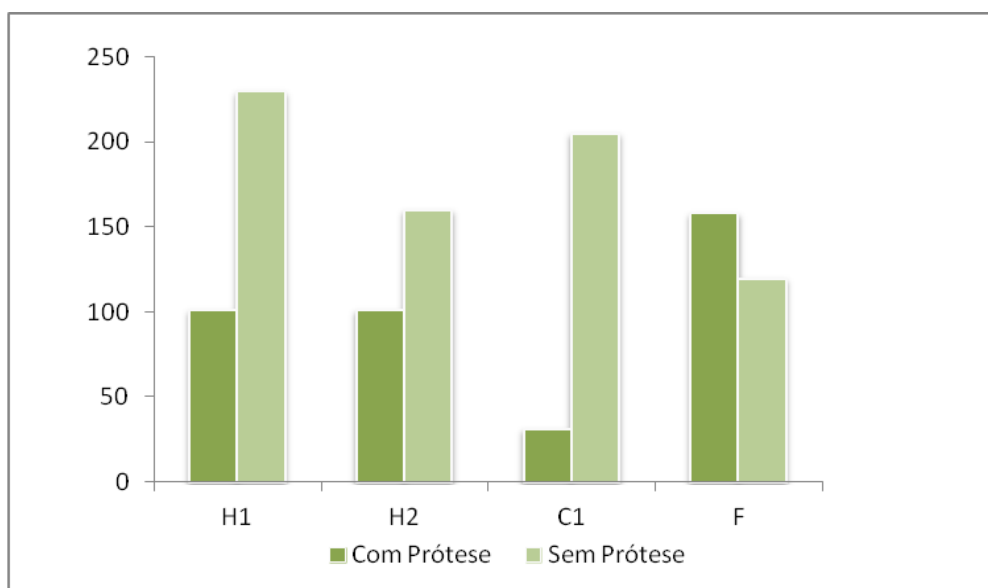


Desvio padrão do Sinal Inteiro nas diversas componentes de análise (Indivíduo A).

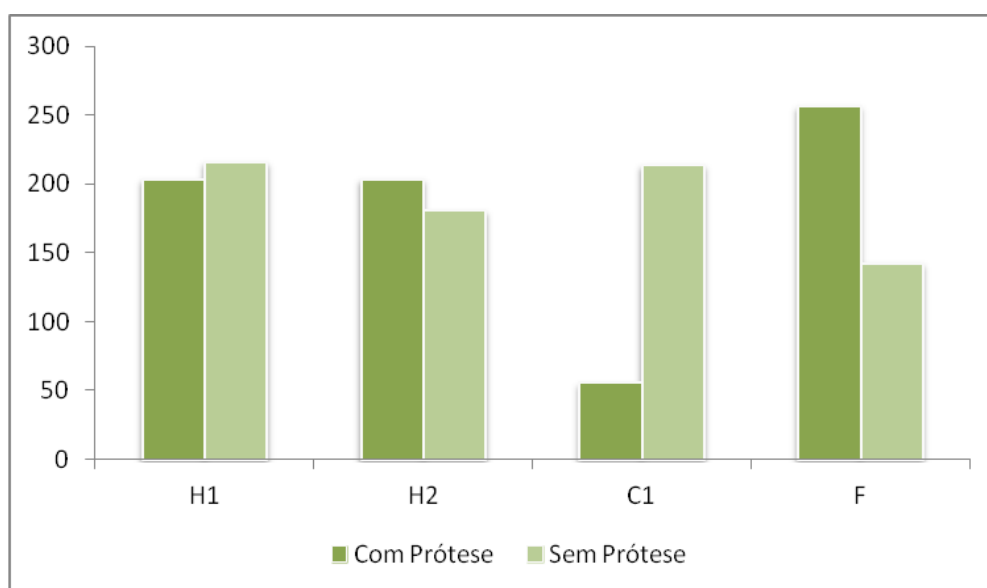


Desvio padrão do Sinal Inteiro (Indivíduo A).

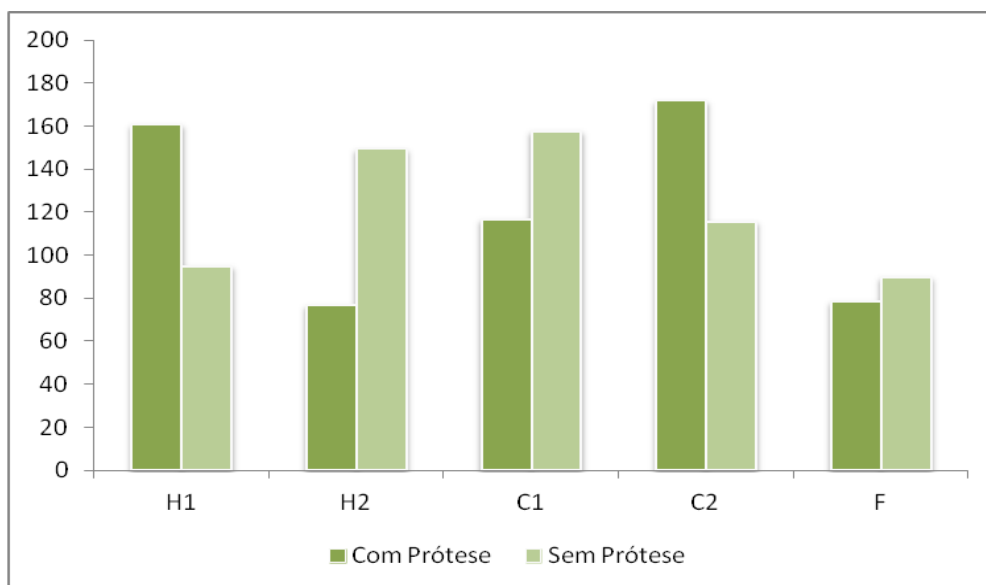
Desvio Padrão para os Sinais 8 e 13 – Indivíduos B e C



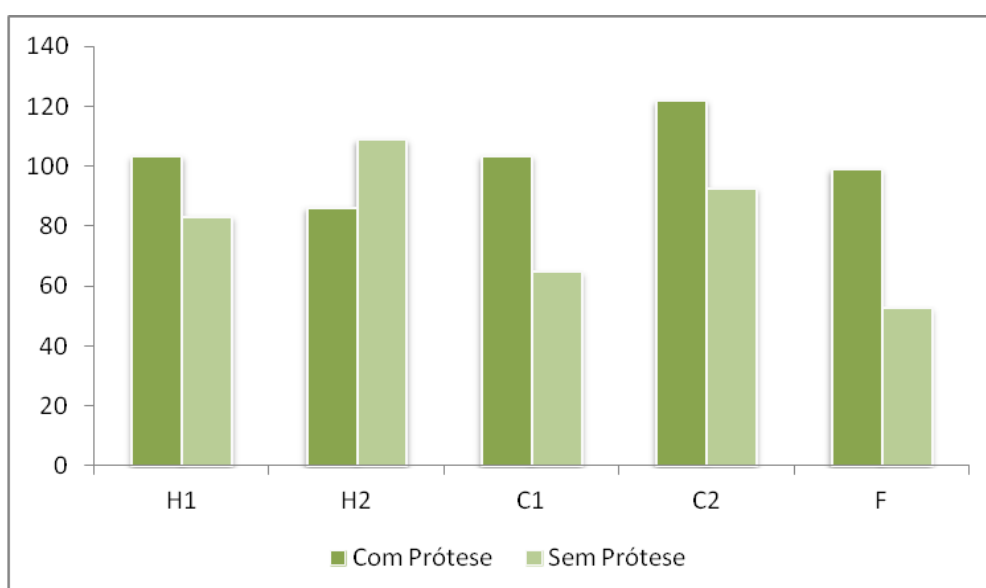
Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo B).



Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo B).



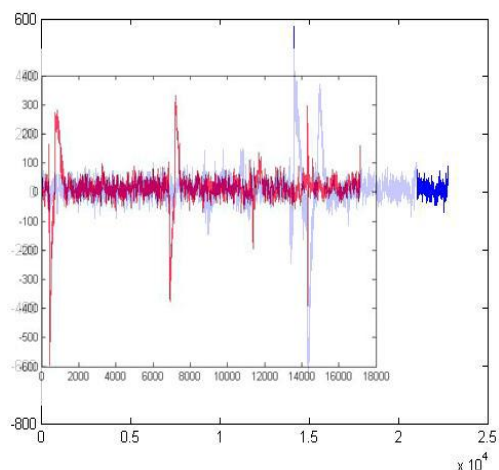
Desvio padrão do Sinal 8 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo C).



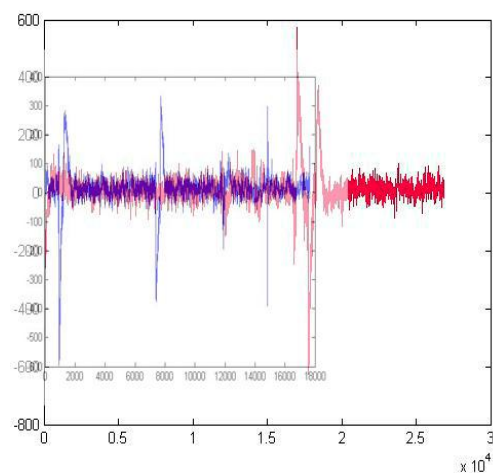
Desvio padrão do Sinal 13 nas diversas componentes de análise com e sem próteses auditivas (Indivíduo C).

Sobreposição dos Gráficos - Com Próteses a Azul e Sem Próteses a Vermelho

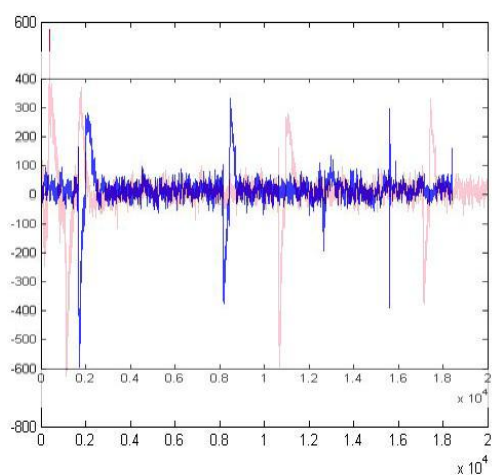
Análise Temporal - Sinal 8 - Indivíduo A (B), Indivíduo B (G), Indivíduo C (J)



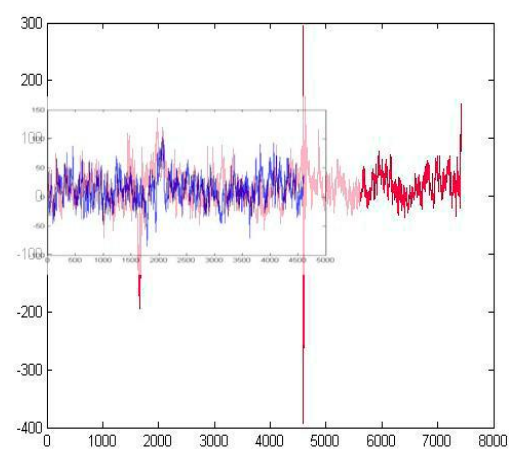
B - H1



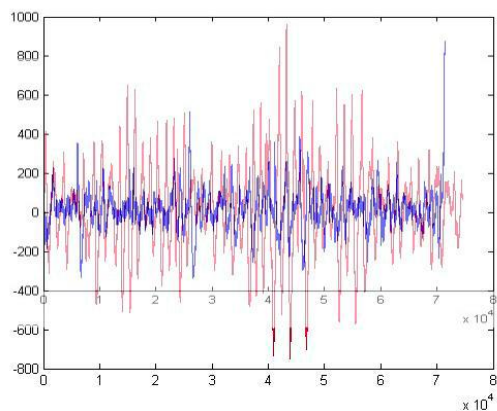
B - H2



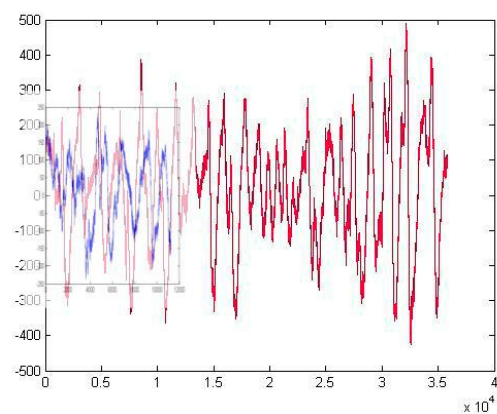
B - C1



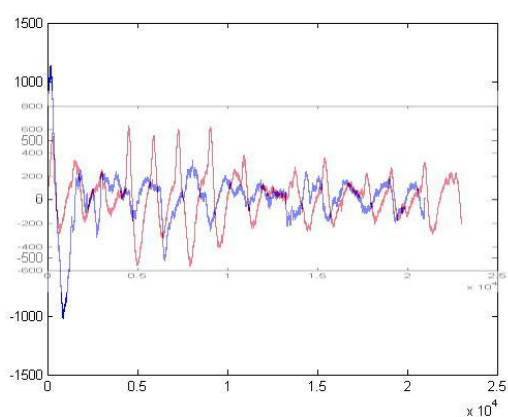
B - F



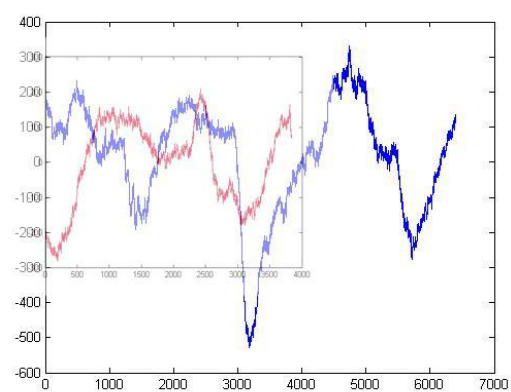
G – H1



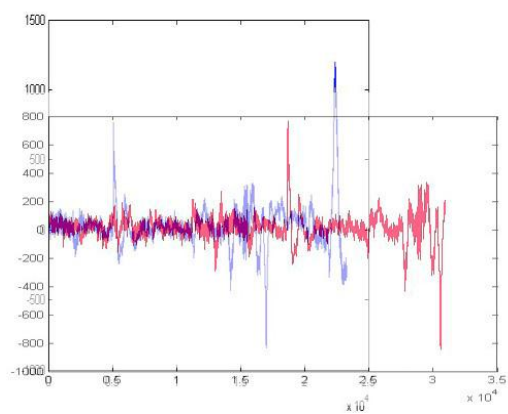
G – H2



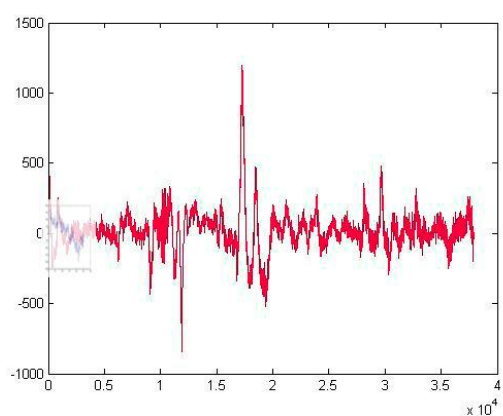
G – C1



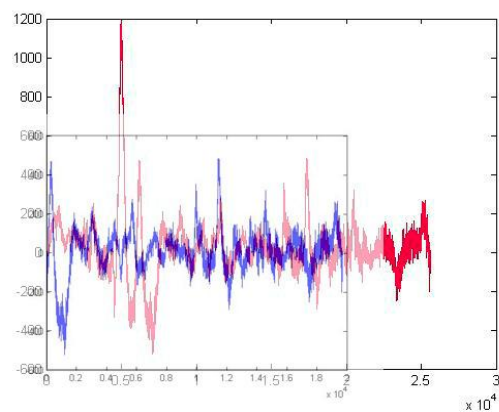
G – F



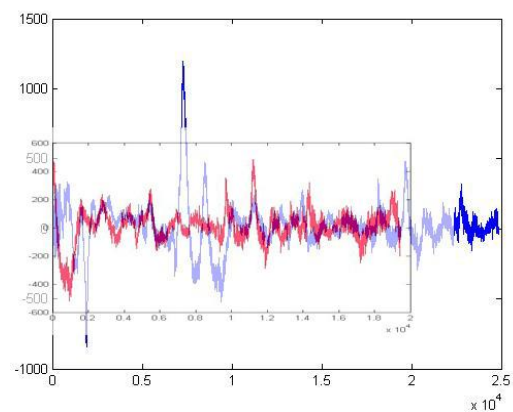
J – H1



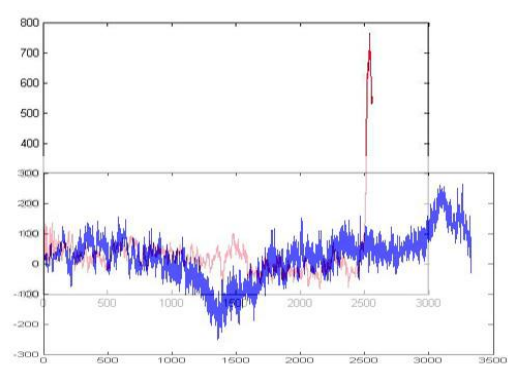
J – H2



J - C1



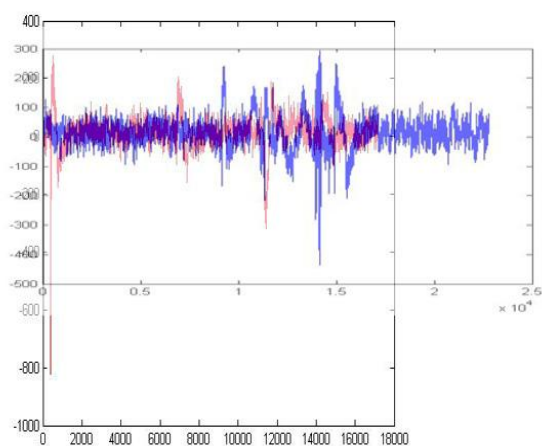
J - C2



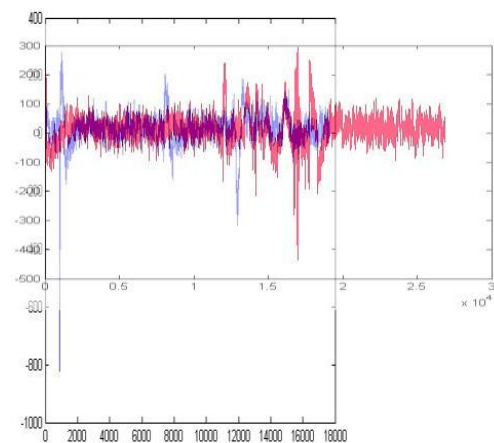
J - F

Sobreposição dos Gráficos – Com Próteses a Azul e Sem Próteses a Vermelho

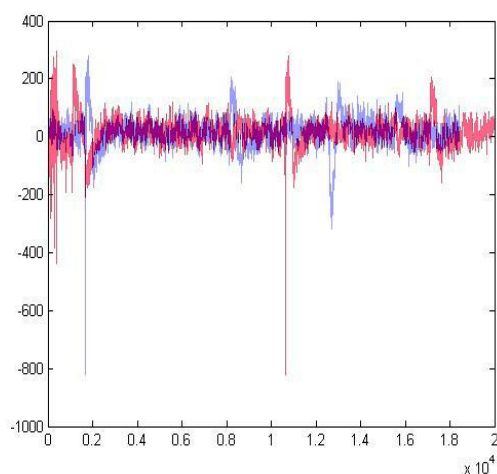
Análise Temporal – Sinal 13 – Indivíduo A (B), Indivíduo B (G), Indivíduo C (J)



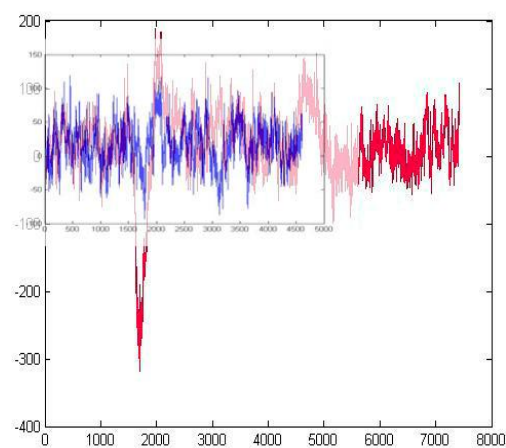
B – H1



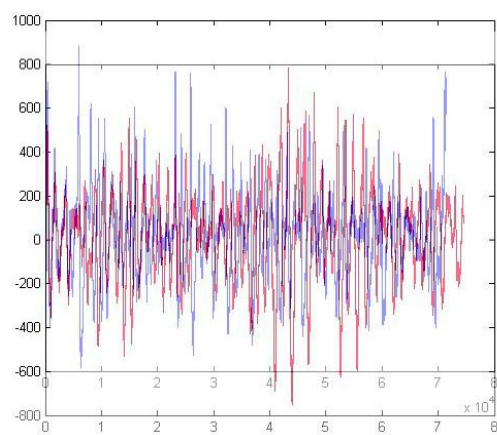
B – H2



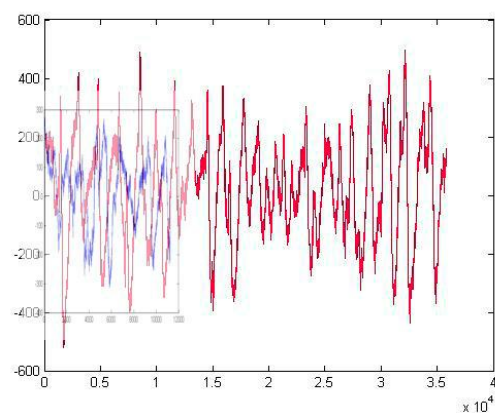
B – C1



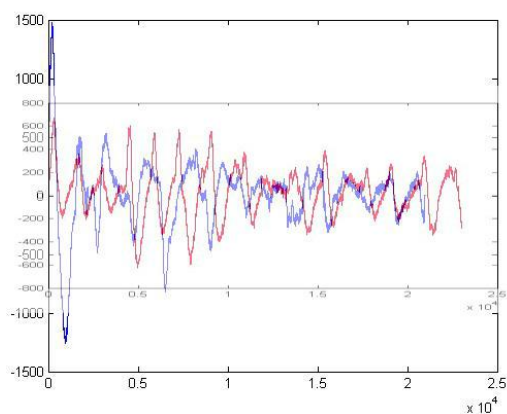
B – F



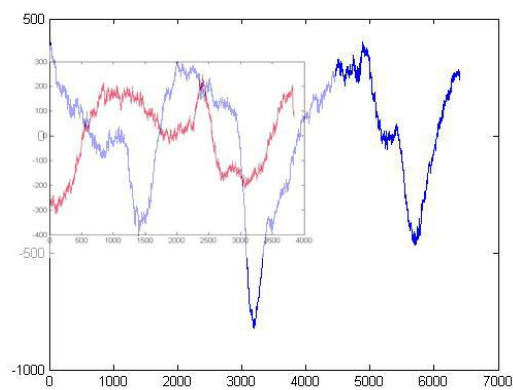
G – H1



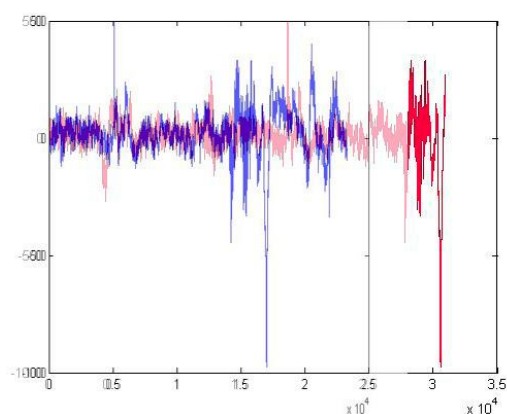
G – H2



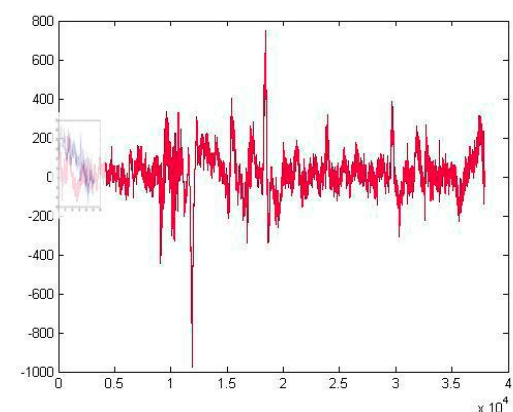
G - C1



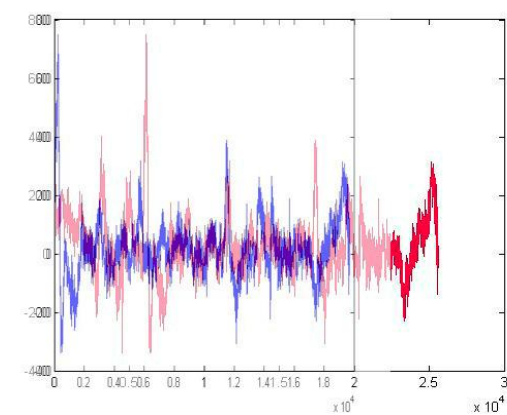
G - F



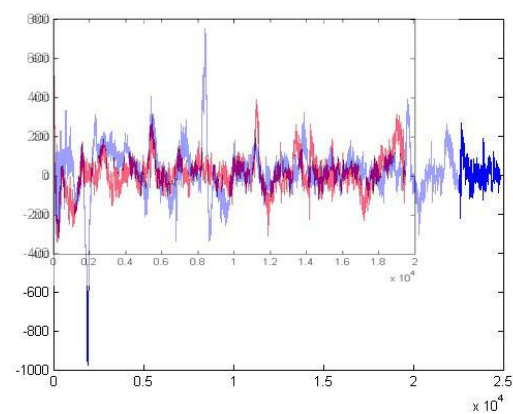
J - H1



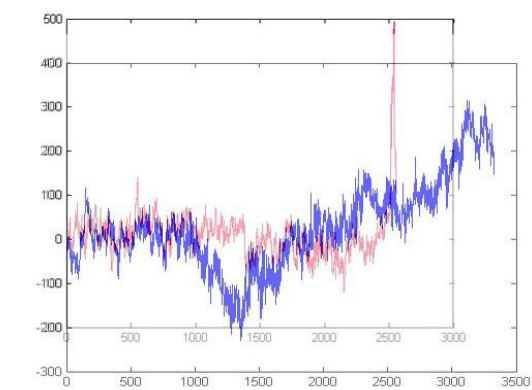
J - H2



J - C1



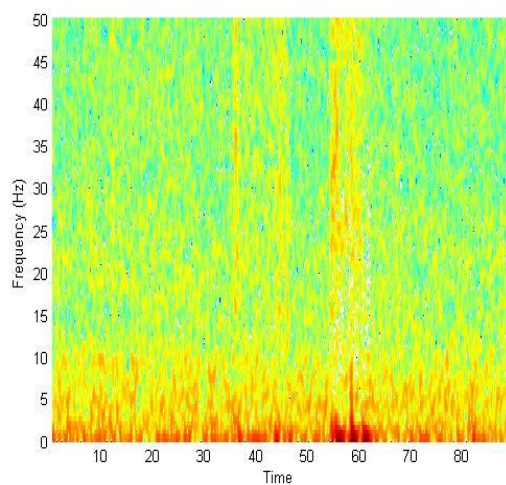
J - C2



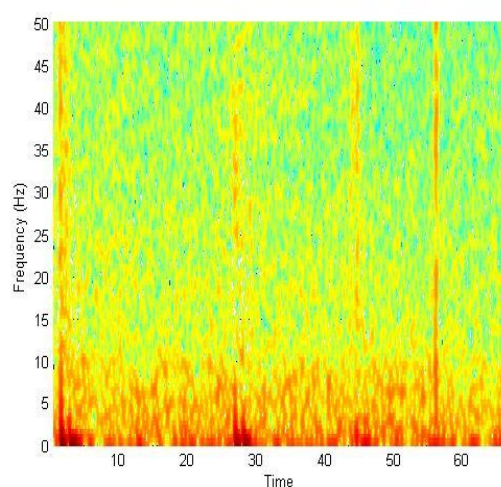
J - F

Espectrogramas – Sinais 8 (S8), 13 (S13) e Sinal Médio (S0), nas Diversas Componentes de Análise Com e Sem Próteses Auditivas

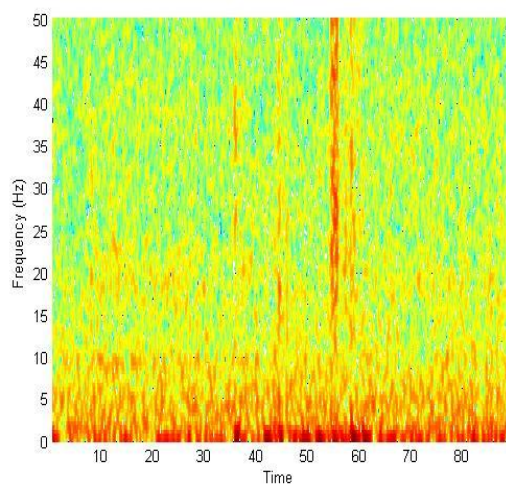
Indivíduo A (B), Indivíduo B (G), Indivíduo C (J)



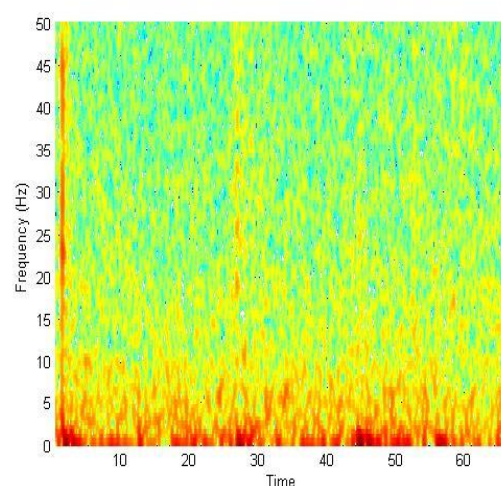
B – C – H1 S8



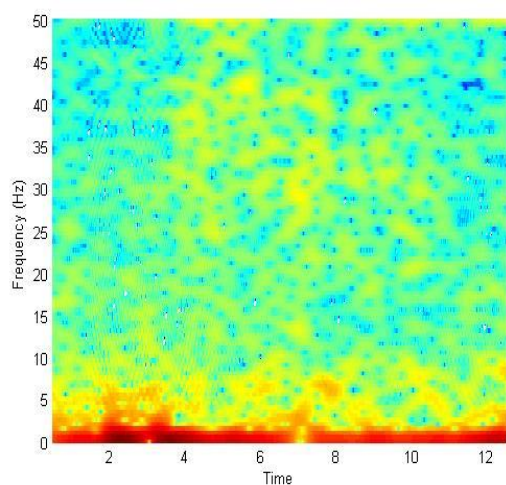
B – S – H1 S8



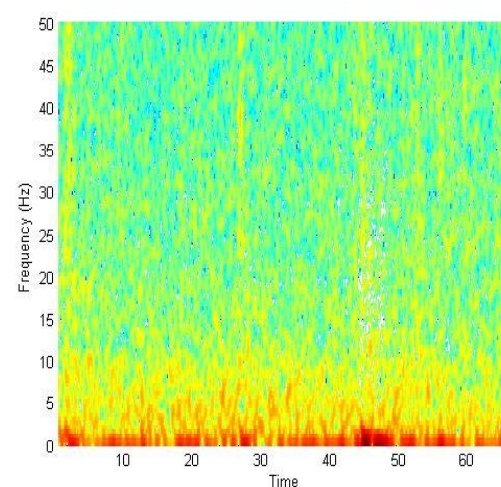
B – C – H1 S13



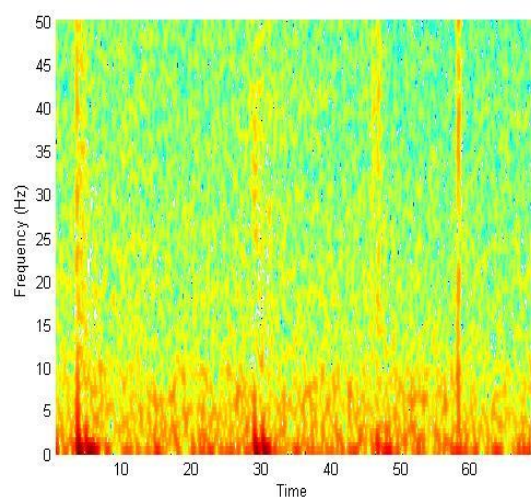
B – S – H1 S13



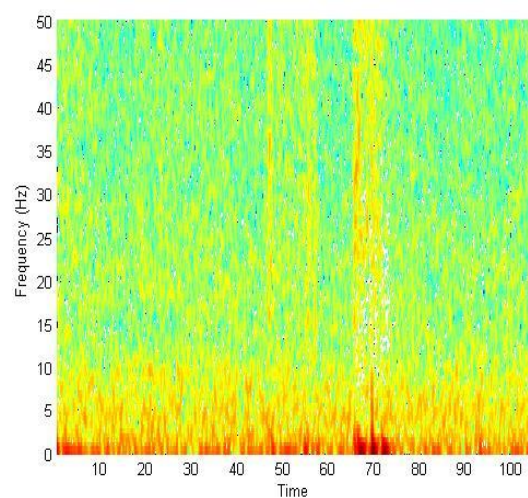
B – C – H1 S0



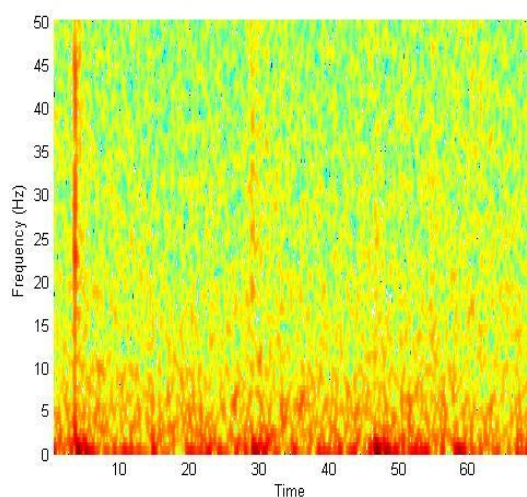
B – S – H1 S0



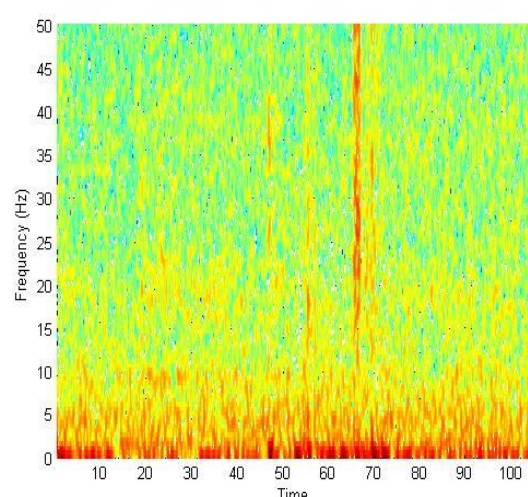
B - C - H2 S8



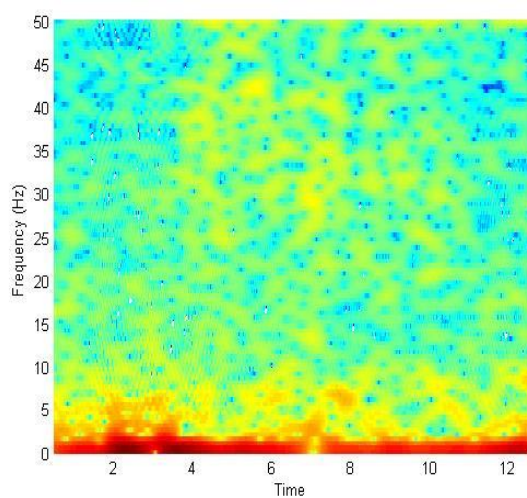
B - S - H2 S8



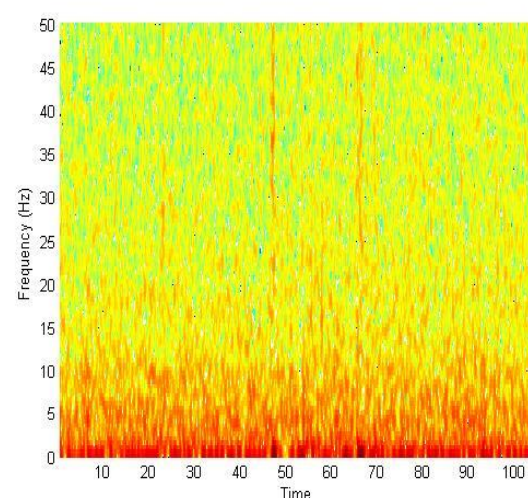
B - C - H2 S13



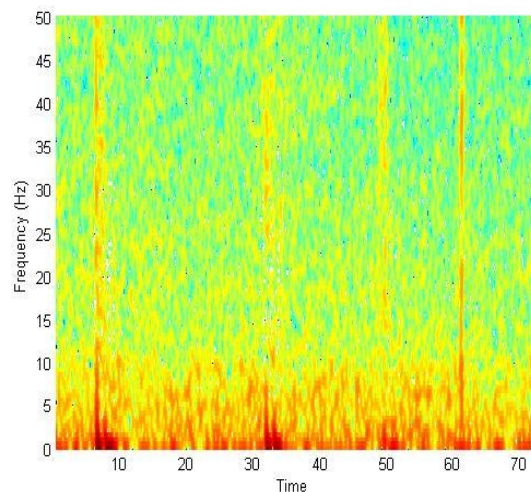
B - S - H2 S13



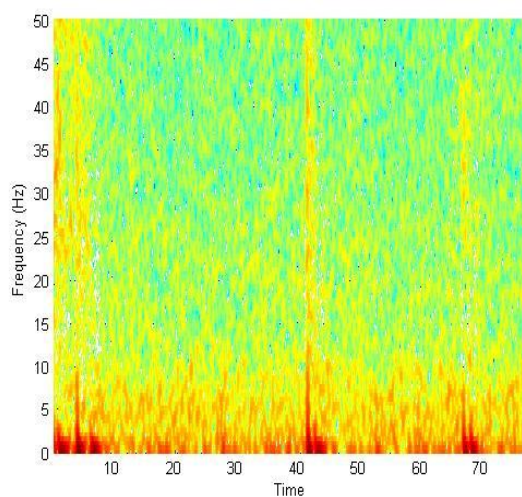
B - C - H2 S0



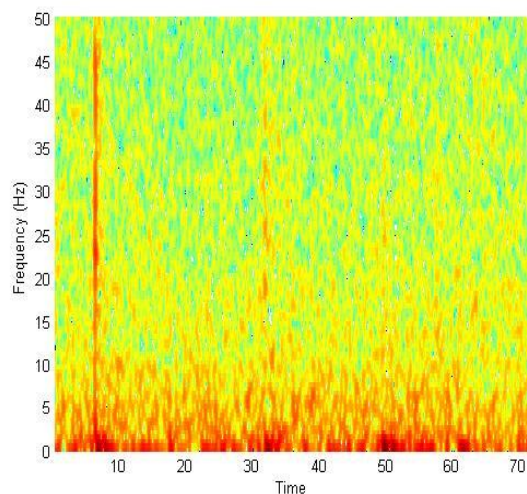
B - S - H2 S0



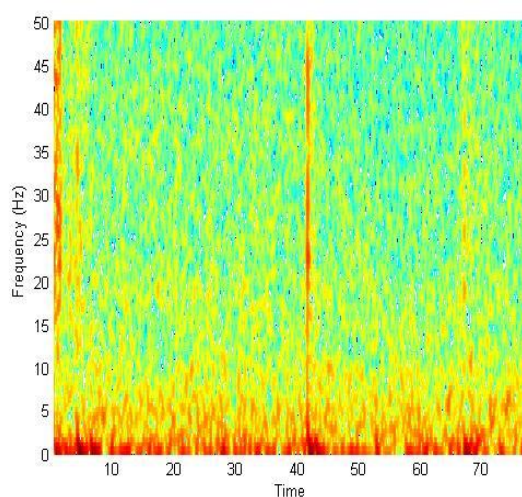
B – C – C1 S8



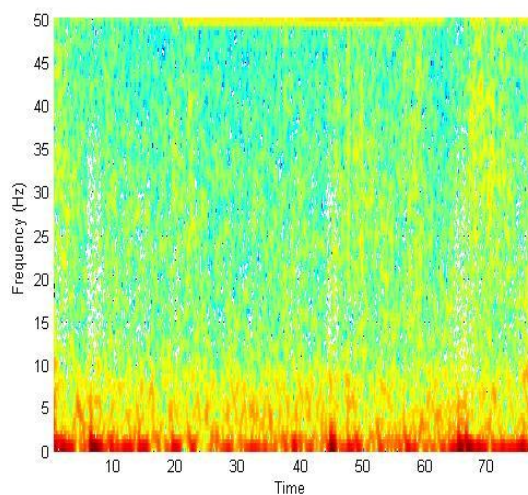
B – S – C1 S8



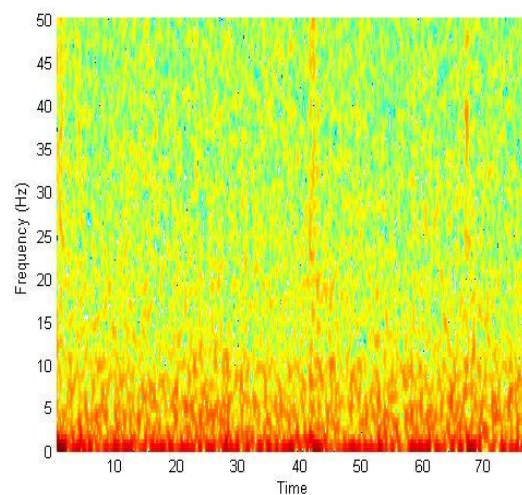
B – C – C1 S13



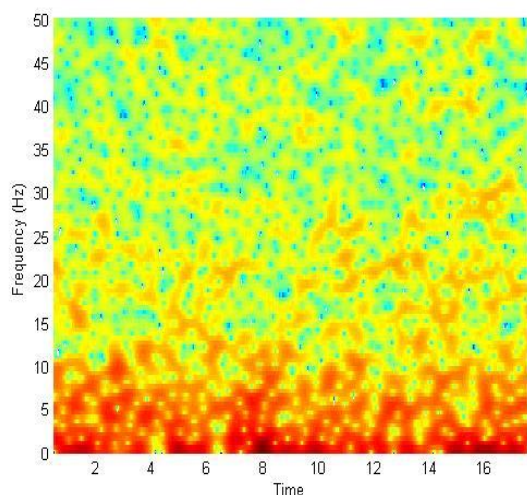
B – S – C1 S13



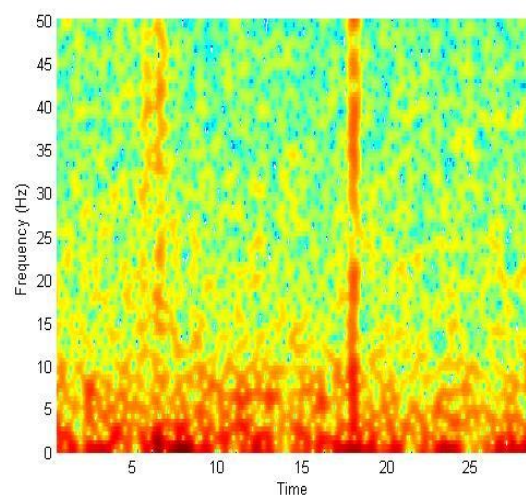
B – C – C1 S0



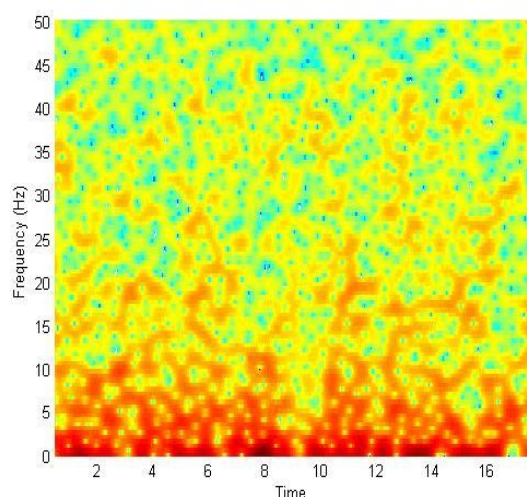
B – S – C1 S0



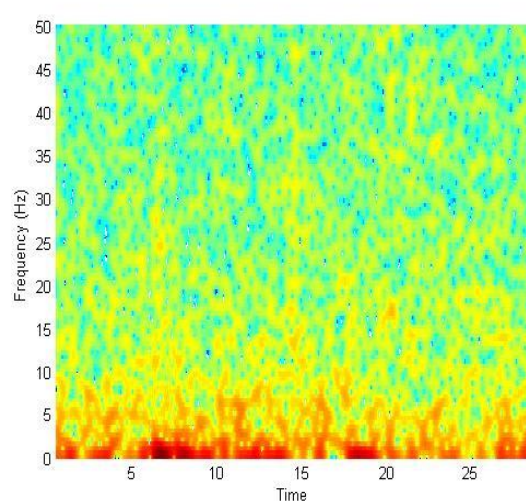
B – C – F S8



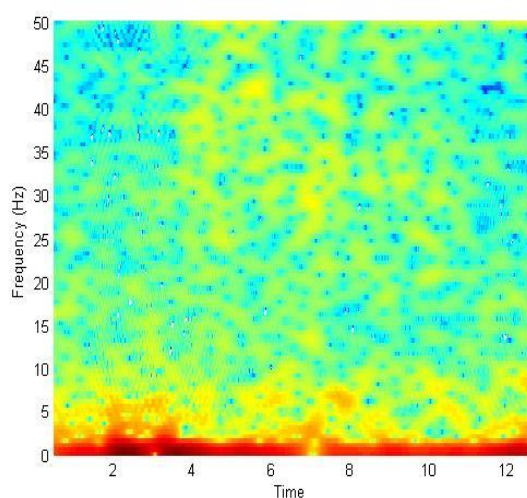
B – S – F S8



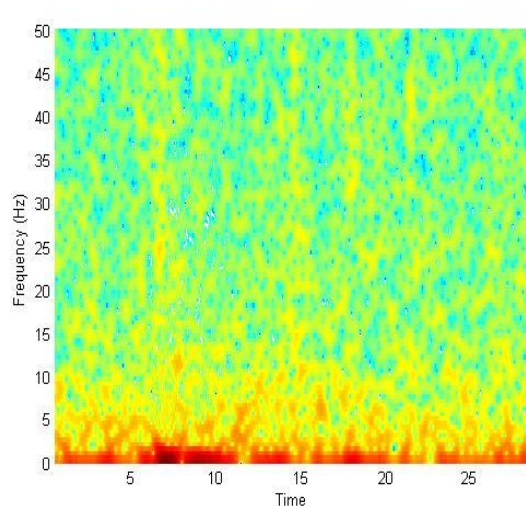
B – C – F S13



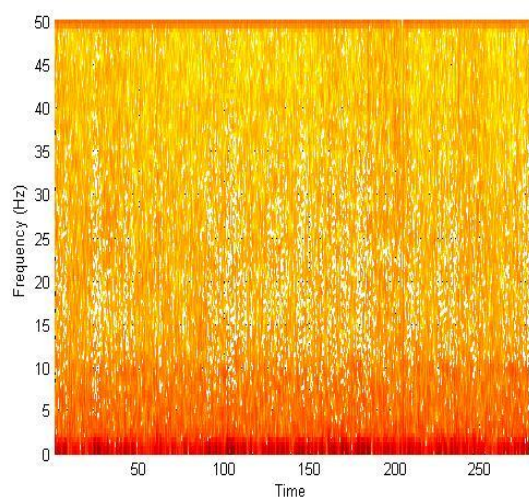
B – S – F S13



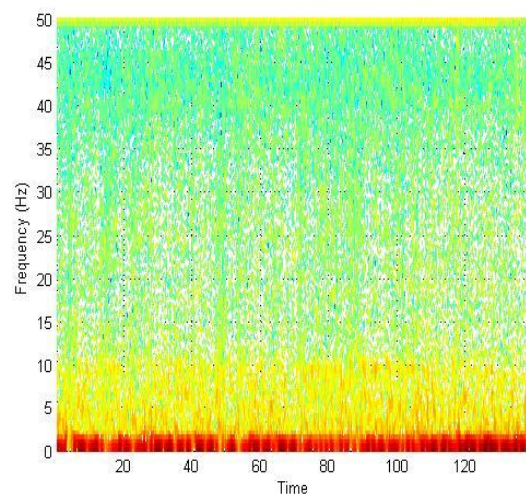
B – C – F S0



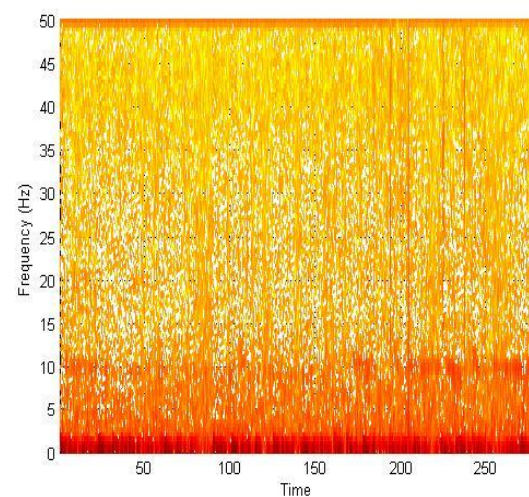
B – S – F S0



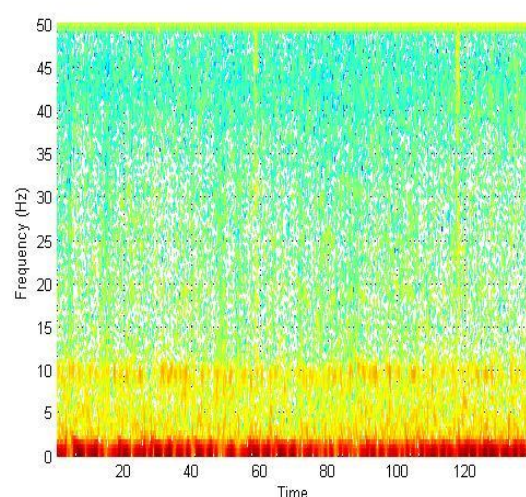
G – C – H2 S8



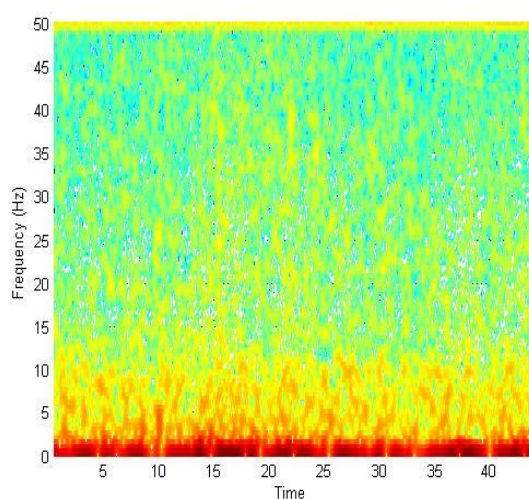
G – S – H2 S8



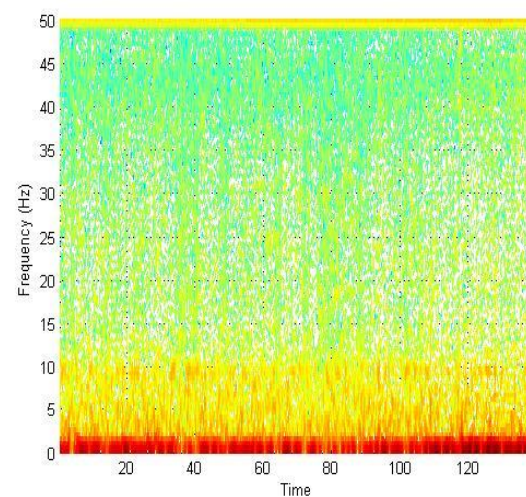
G – C – H2 13



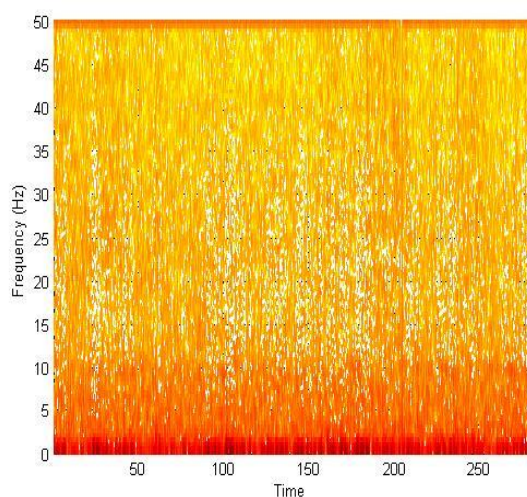
G – S H2 S13



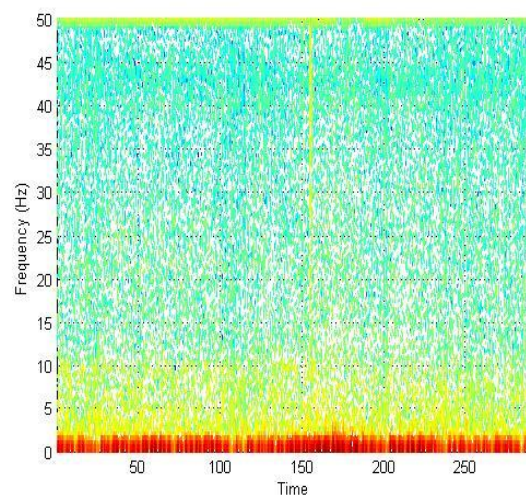
G – C – H2 S0



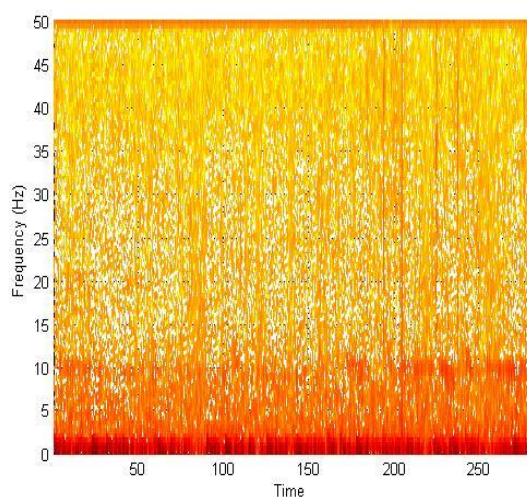
G – S – H2 S0



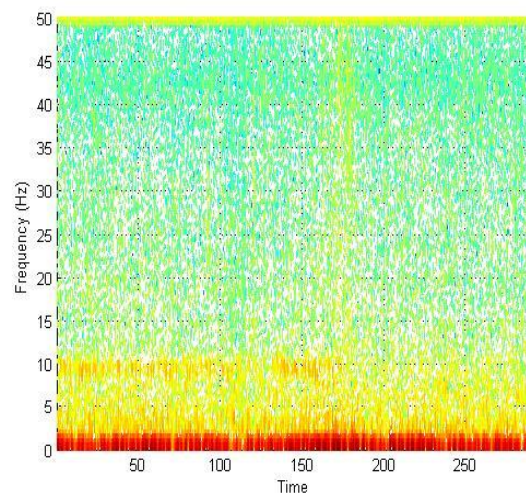
G – C – H1 S8



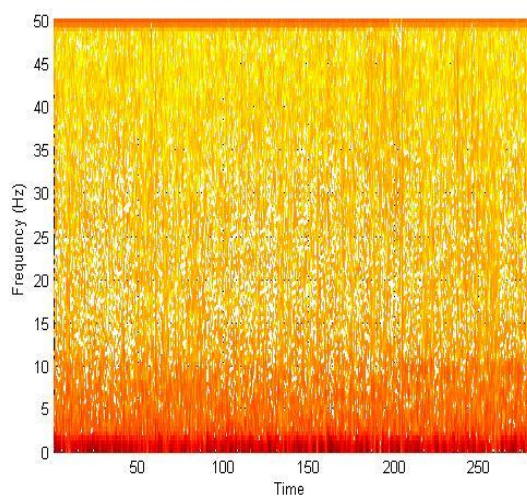
G – S – H1 S8



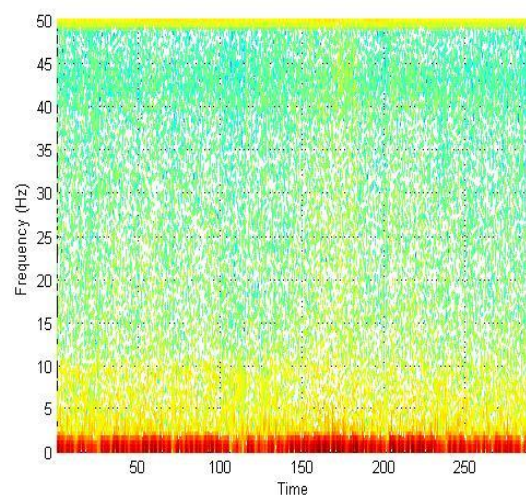
G – C – H1 13



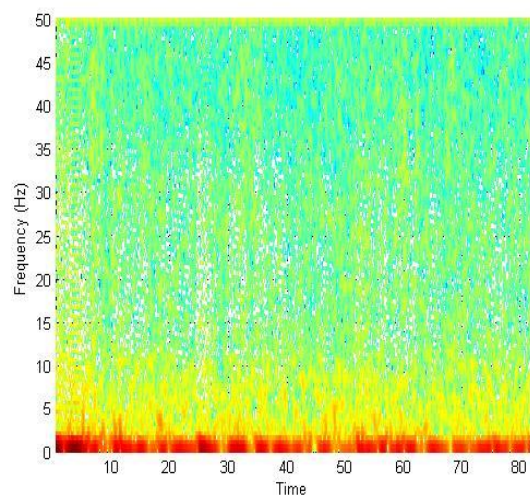
G – S – H1 S13



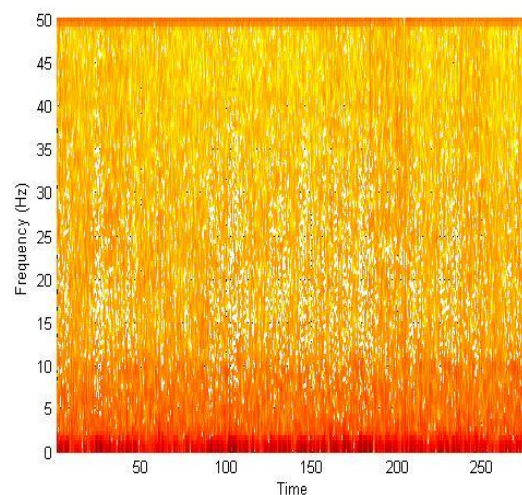
G – C – H1 S0



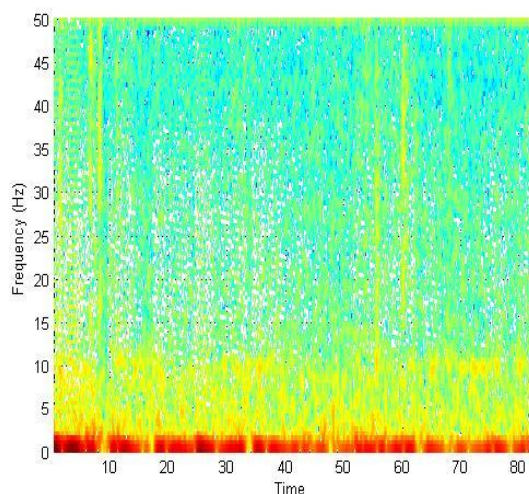
G – S – H1 S0



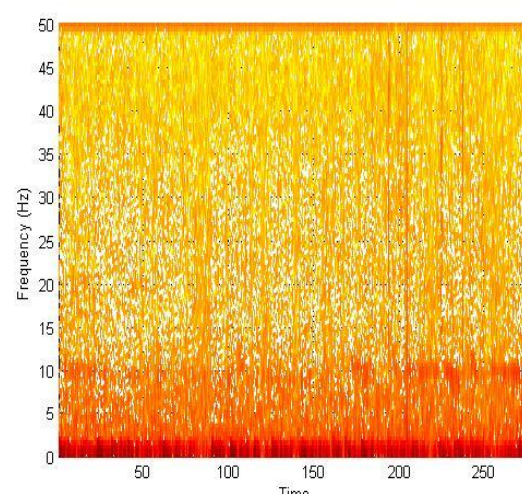
G – C – C1 S8



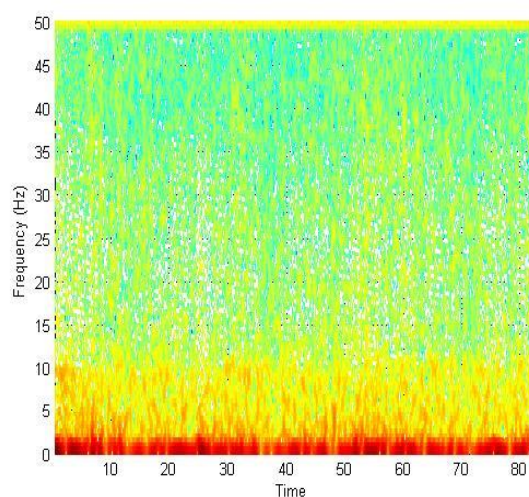
G – S – C1 S8



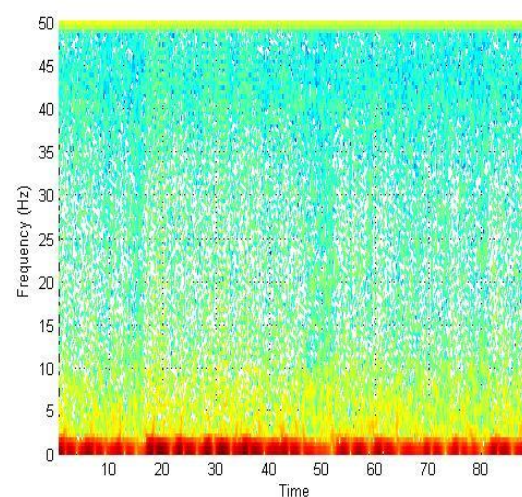
G – C – C1 S13



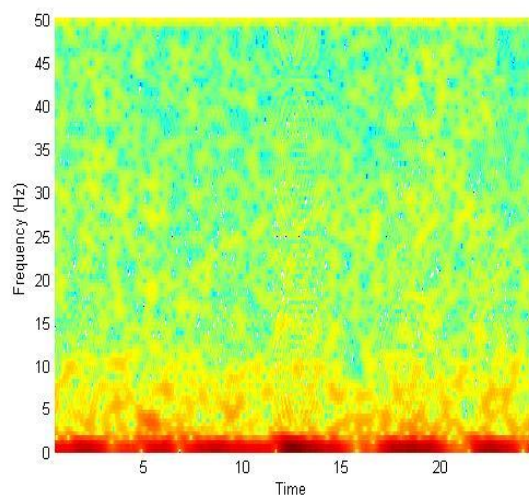
G – S – C1 S13



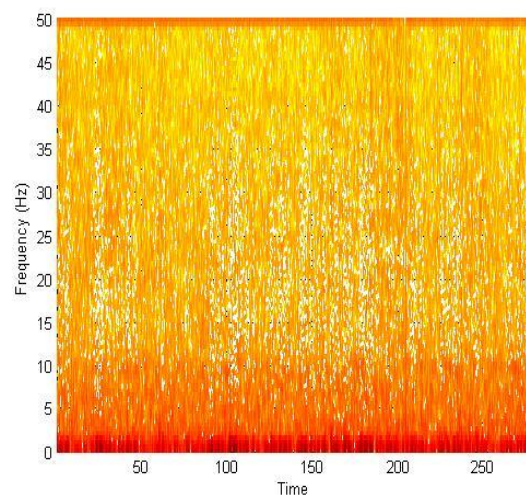
G – C – C1 S0



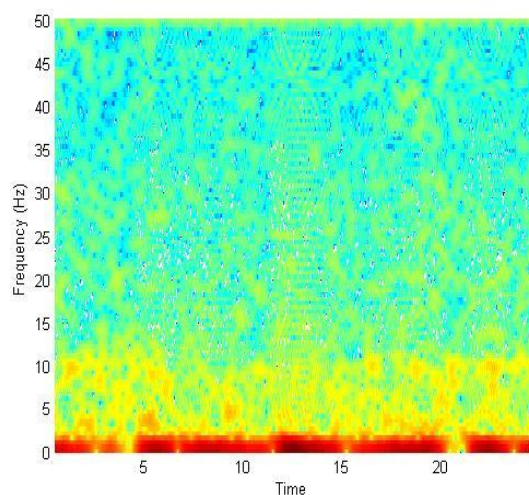
G – S – C1 S0



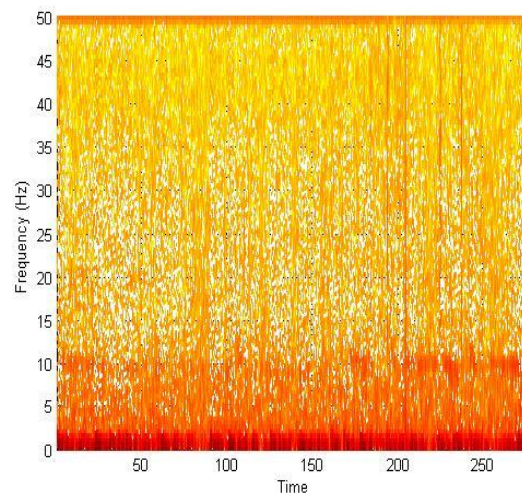
G - C - F S8



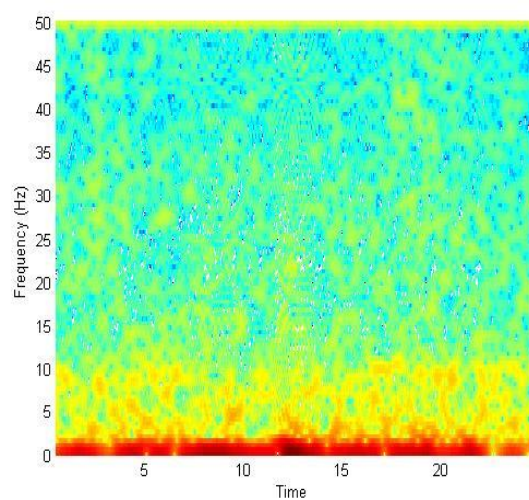
G - S - F S8



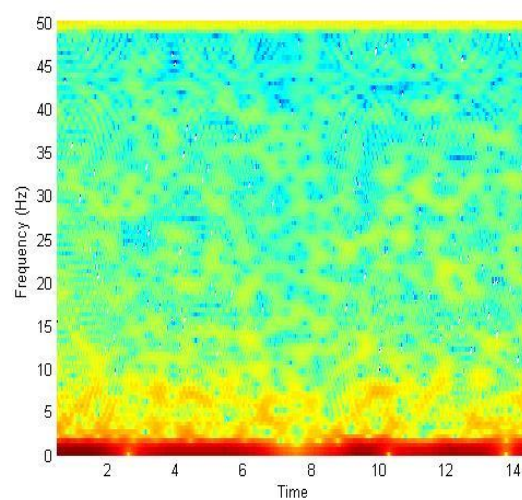
G - C - F S13



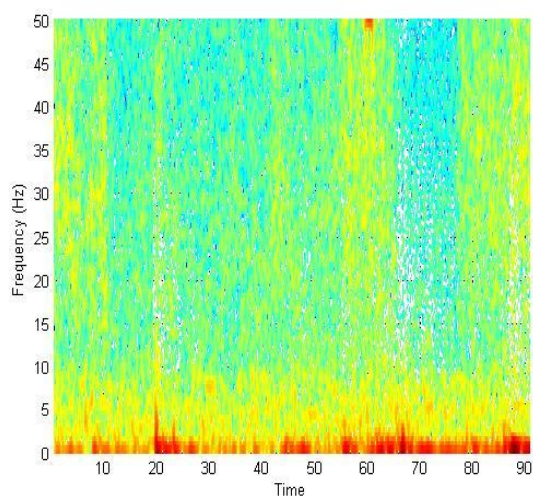
G - S - F S13



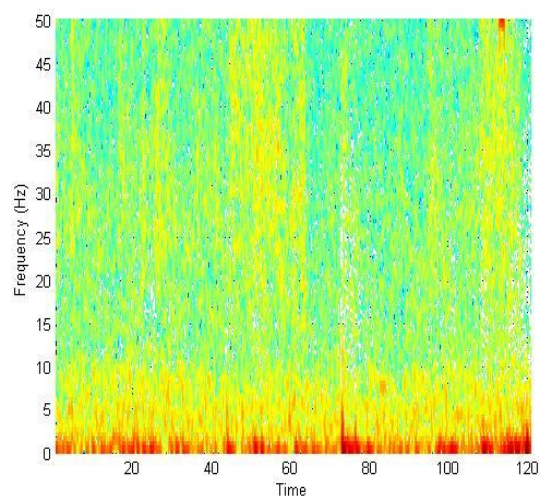
G - C - F S0



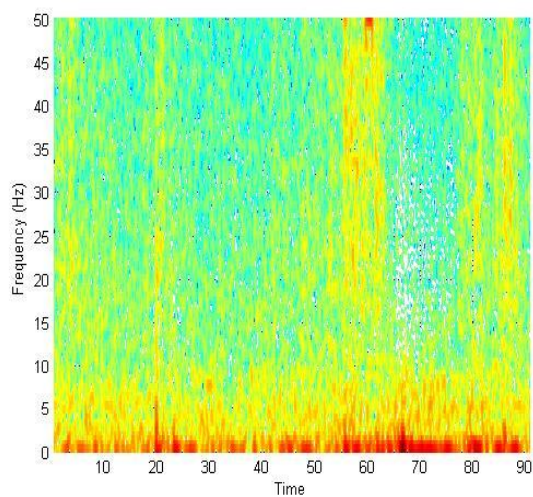
G - S - F S0



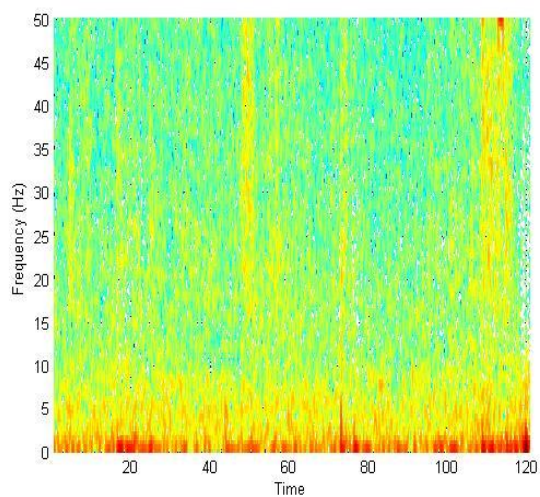
J – C – H1 S8



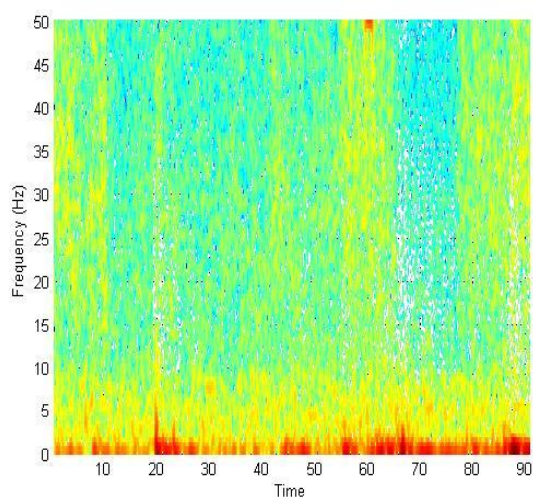
J – S – H1 S8



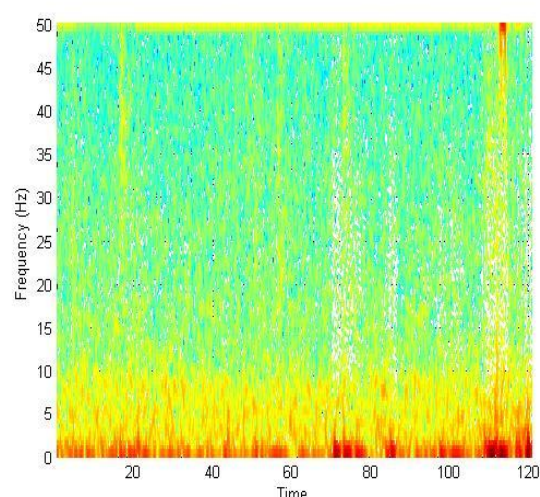
J – C – H1 S13



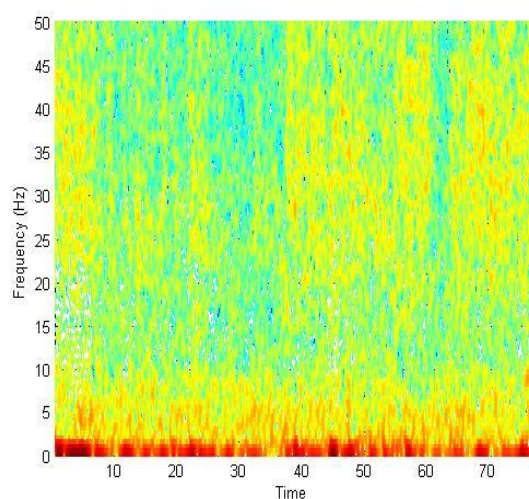
J – S – H1 S13



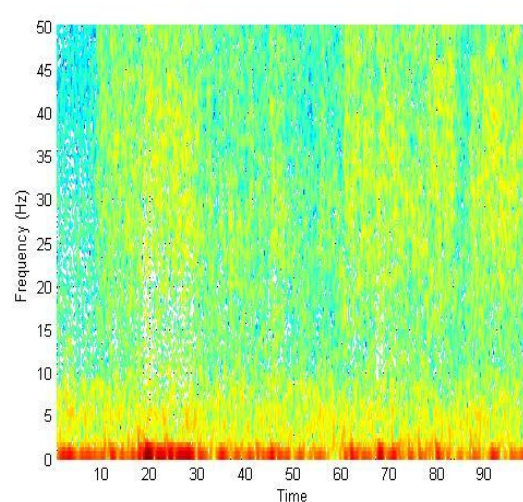
J – C – H1 S0



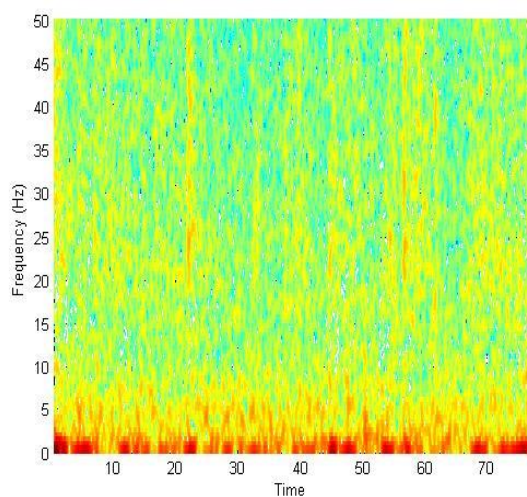
J – S – H1 S0



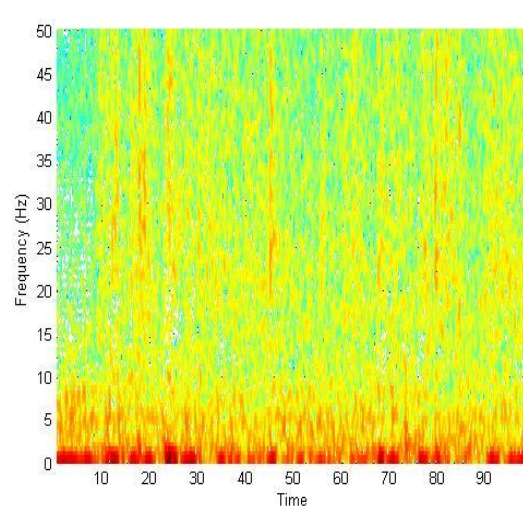
J – C – C1 S8



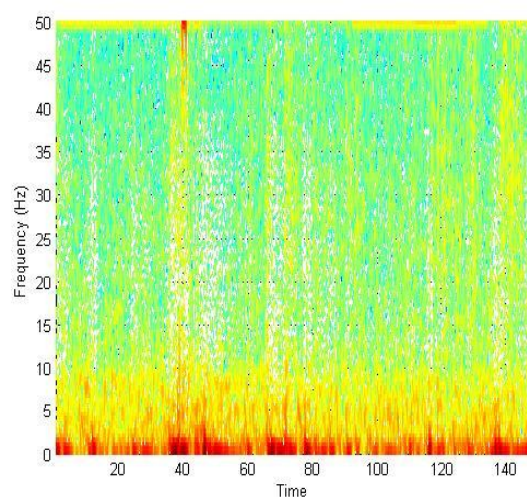
J – S – C1 S8



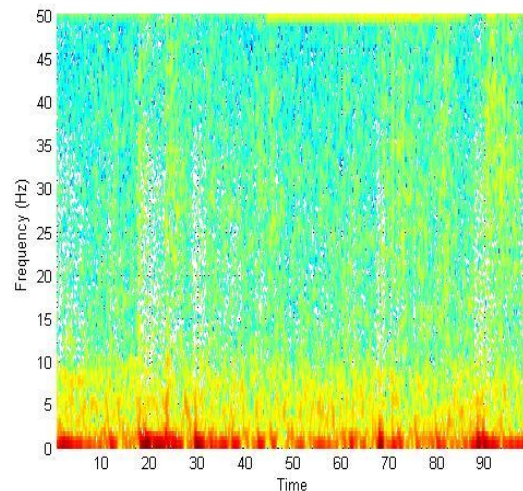
J – C – C1 S13



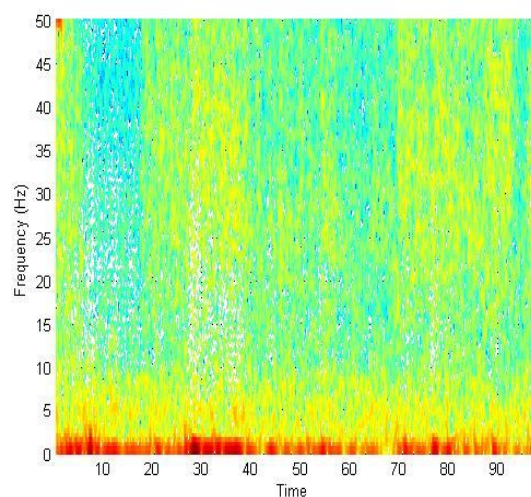
J – S – C1 S13



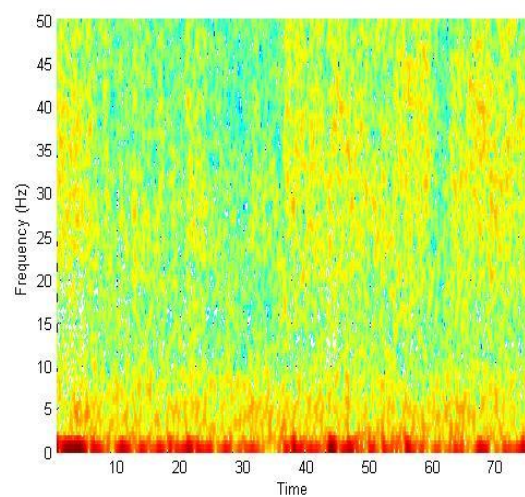
J – C – C1 S0



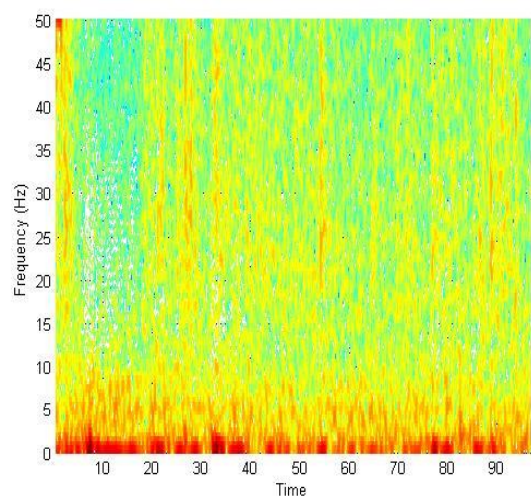
J – S C1 S0



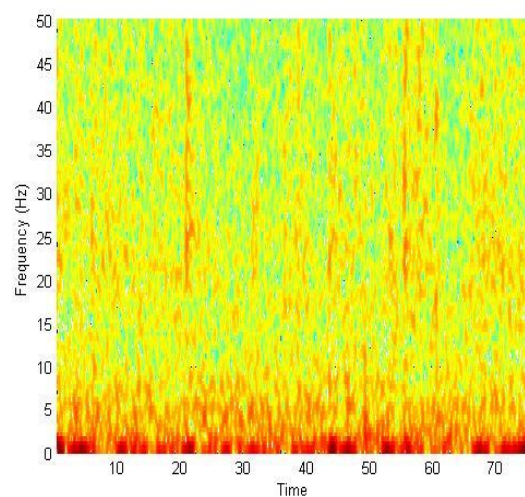
J – C – C2 S8



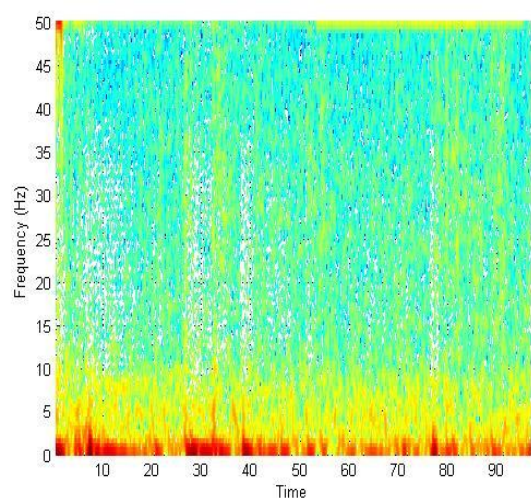
J – S – C2 S8



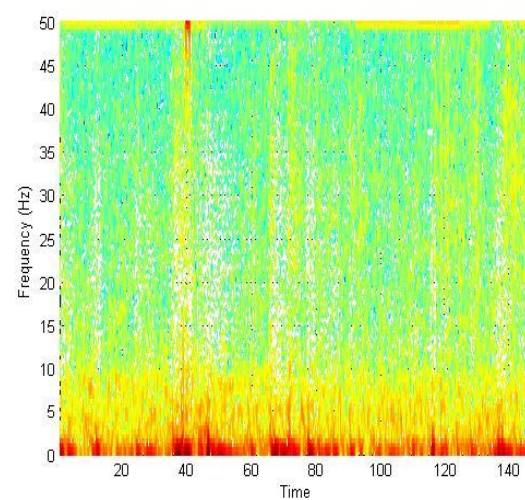
J – C – C2 S13



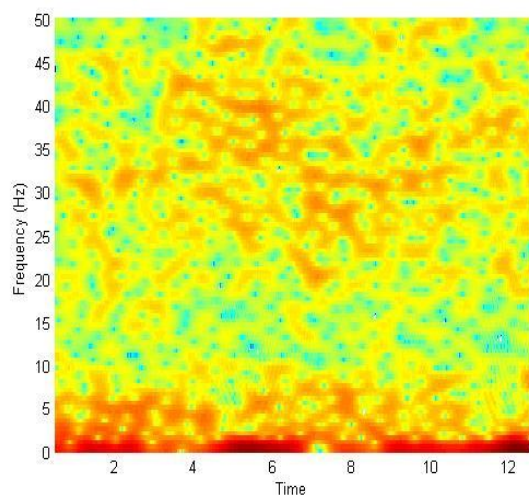
J – S – C2 S13



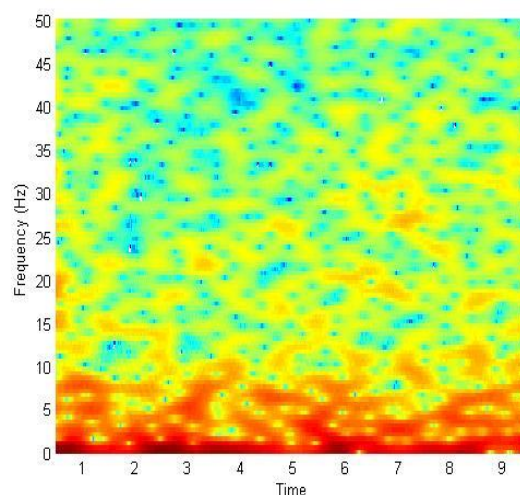
J – C – C2 S0



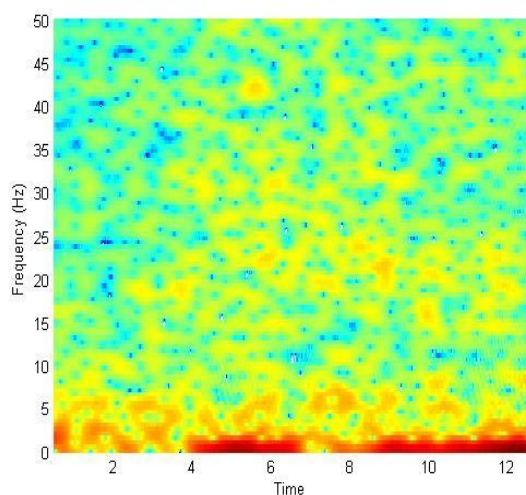
J – S – C2 S0



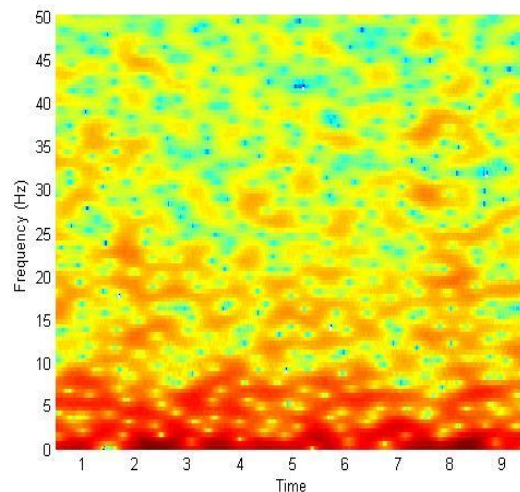
J – C – F S8



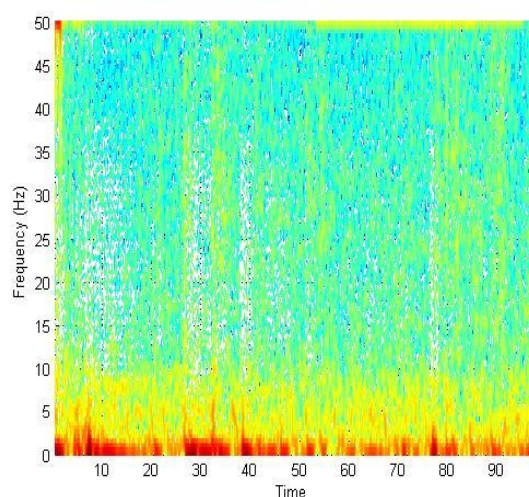
J – S – F S8



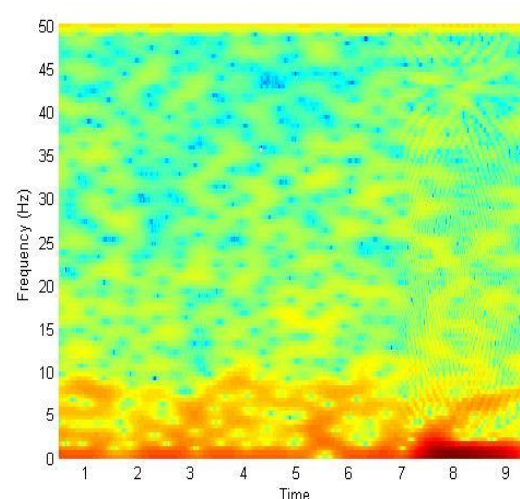
J – C – F 13



J – S – F S13



J – C – F S0



J – S – F S0

ANEXO L – PROGRESSO DO CONHECIMENTO – INVESTIGAÇÃO BÁSICA, MODELOS ANIMAIS E TECNOLOGIA DA AUDIÇÃO

Richard Feynman um dos maiores físicos do século XX, em 1959 sugeriu que num futuro não muito longe os engenheiros poderiam pegar em átomos e coloca-los onde quisessem, desde que não violassem as leis da natureza, podendo assim, criar materiais com propriedades completamente novas, fazendo com que os materiais da natureza não fossem então os únicos possíveis no universo.

E assim é, atualmente através do conhecimento e da tecnologia o homem consegue já a manipulação direta dos átomos e a partir deles a construção de novos materiais.

Na Universidade de Bristol uma equipa de cientistas tem vindo a estudar a resposta dos tímpanos de insetos como gafanhotos e mosquitos a diferentes ruídos. Quando detetam sons extraordinariamente fracos os tímpanos dos insetos vibram por poucos nanómetros (nanómetro é a subunidade do metro, correspondente a $1,0 \times 10^{-9}$, isto é, um milionésimo de milímetro ou um bilionésimo do metro). O estudo da audição dos insetos utilizando nanotecnologia poderá ser um contributo no desenvolvimento de microfones capazes de detetar ruídos tais que instrumentos desenvolvidos e o ouvido humano são incapazes de detetar (Biotechnology and Biological Sciences Research Council, 2006).

Utilizando também nano partículas de ouro e feixes de laser, cientistas da Universidade de Munique desenvolveram o nano-ouvido que é um milhão de vezes mais sensível que o ouvido humano e cuja deteção de sons inaudíveis pelo mesmo poderá ser usado para captação de ondas sonoras emitidas por bactérias, vírus e outros microrganismos (Feldman, Lutich, & Ohlinger, 2012).

Outros cientistas norte americanos descobriram “nano-motores flexo elétricos” (convertem a energia elétrica em energia mecânica, função de qualquer motor elétrico) no ouvido interno humano que lhe permite detetar uma faixa de sons entre os 100 e os 20000 Hz. O nano-motor elétrico biológico situado nos estêreo cílios (pequenas células situadas no ouvido interno, tubulares e semelhantes a pelos) é usado para amplificação do som mecanicamente. O movimento mecânico amplifica o som e liberta neurotransmissores responsáveis pelo envio do sinal elétrico equivalente ao som, pelos nervos até ao cérebro (Breneman, Brownell, & Rabbitt, 2009).

Os achados anteriores sobre o ouvido humano inspiraram engenheiros do MIT que imitaram o funcionamento da cóclea e tornaram possível a construção de um super rádio, ou cóclea artificial de radiofrequência, num *chip*, capaz de amplificar uma variedade de sinais captados por uma faixa de um milhão de Hz, mais rápida que qualquer outro analisador do espectro e com baixo consumo de energia, que permite a sua utilização para captação de sinais de várias faixas do espectro para além dos tradicionais sinais de rádio, telefones celulares, Internet sem fios e televisão, entre outros (Mandal, Zhak & Sarpeshkar, 2009).

A observação dos cientistas Feng e colaboradores da Universidade de Illinois dos sapos “*Torrent*” chineses, *Staurois guttatus* no seu habitat em lagoas com centenas dos mesmos animais, fez com que verificassem que eles têm a capacidade de discernir a chamada de um outro sapo num ambiente tão ruidoso, comunicando entre si de forma clara. Feng et al., constataram que os sistemas auditivos destes anfíbios diferem das outras espécies, e desenvolveram a capacidade de bloquear o ruído de fundo de modo a que possam ouvir chamadas ultra sônicas de companheiros e rivais. A relação do ruído utilizada atualmente nas próteses auditivas que separam espacialmente os sons funciona de forma semelhante ao sistema auditivo destes sapos cujo processamento do som se faz do mesmo modo que o cérebro humano (Feng et al., 2006).

Ainda copiando o modelo animal, Catharine Paddock na sua recente publicação sobre *Medical Innovation* descreve como engenheiros do Cockrell School of Engineering na Universidade do Texas em Austin encontraram uma maneira de imitar a super audição da mosca *Ormia ochracea* num pequeno dispositivo que não requer uma pilha volumosa. O novo dispositivo ajuda a melhorar a tecnologia dos microfones “inteligentes” para selecionar somente aqueles sons ou conversas que o utilizador quer ouvir.

Baseado no modelo anterior Neal Hall professor adjunto no departamento de eletrônica da escola Cockrell e engenharia de computação, e a sua equipe de estudantes de pós-graduação inspiraram-se no trabalho pioneiro de Ronald Miles na Universidade de Binghamton, NY e Ronald Hoy na Universidade de Cornell, Ithaca, NY. Baseados no facto dos humanos e outros mamíferos poderem identificar a fonte de um som porque têm uma distância muito maior entre ambos os ouvidos. O mecanismo do processamento do som no cérebro humano usa a diferença de tempo de chegada do som nos dois ouvidos para localizar a fonte. Mas os corpos dos insetos geralmente são pequenos demais para fazer isso – as ondas sonoras efetivamente atingem ambos os lados quase ao mesmo tempo.

O inseto *Ormia ochracea* pode localizar a direção do som de um grilo apesar dos seus ouvidos distarem entre si menos de 2 milímetros. O seu mecanismo de audição altamente evoluído pode perceber a diferença de 4 milissegundos entre a entrada do som num ouvido e no outro, amplifica também essa diferença de tempo usando um mecanismo que lhe permite localizar o som do grilo com notável precisão (Paddock, 2014).

Igualmente outras equipas tentaram construir dispositivos que imitassem a super audição deste inseto, no entanto, Hall e os seus colaboradores foram os primeiros a usar materiais piezoelétricos que convertem a pressão mecânica em sinais elétricos e permitem que o dispositivo funcione com muito pouca energia. O desenho do dispositivo que pode ser usado para construir uma nova classe de aparelhos auditivos hipersensíveis pode observar-se na seguinte figura.

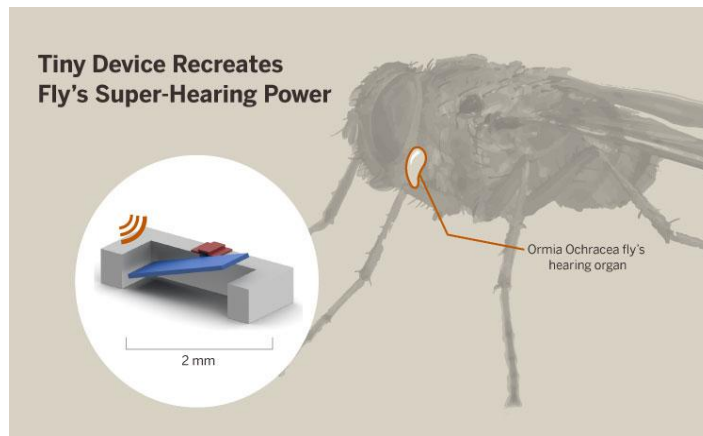


Figura - Pequeno dispositivo, de baixa potência que imita o mecanismo da audição super evoluído de uma mosca.

Fonte: The University of Texas at Austin (2014).

Na mesma publicação Hall salientou que os aparelhos auditivos dependem de pilhas, por isso minimizar o consumo de energia é um avanço considerável desta tecnologia. Considera ainda como esta será atraente no futuro para as pessoas com problemas de audição, atendendo a que 1 em cada 10 americanos, poderia beneficiar de um aparelho auditivo, mas atualmente apenas um quinto usa, apontando como principal razão para esta diferença a insatisfação dos portadores de surdez com os dispositivos.

Esta tecnologia do aparelho auditivo pode também ser transportada para um novo nível. O dispositivo pode ser útil em aplicações militares e de defesa, por exemplo, em ambientes escuros onde as pistas visuais estão ausentes. O estudo teve ajuda no seu financiamento dos fundos da Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA – (Paddock, 2014).

Segundo Vicini, DARPA tem um duplo objetivo ao financiar Brain (onde se inclui o projeto anterior):

- Desenvolver neuro tecnologia para promover a saúde humana;
- Desenvolver neuro tecnologia para fins militares, para prover vantagem aos soldados no campo de batalha (Vicini, 2013).

Paddock refere ainda que em Fevereiro de 2014 a *Medical News Today* relatou como investigadores desenvolveram um *chip* de baixo consumo de energia que oferece a perspetiva de implantes cocleares sem *hardware* externo.

Uma vez que o ser humano perde a capacidade de ouvir, a audição raramente retorna, o que não acontece noutras espécies como os pássaros, os répteis, os peixes e os anfíbios que quando perdem a audição são capazes de regenerar as células ciliadas e conseguir a sua recuperação. Porém, foi já sinalizado um dos genes que irá levar à regeneração dessas células, o FGF20. O foco central dos

estudos desta temática é perceber quais os genes necessários para essa regeneração. Quando isso acontecer poderá perceber-se como o ser humano perdeu a habilidade de regeneração dessas células (Lush and Piotrowski, 2014).

Uma nova forma de terapia genética experimental está a ser usada por investigadores da Universidade da Virgínia que estão a trabalhar na cura da perda auditiva, e uma equipa de investigadores da Universidade de Sheffield conseguiu restaurar parcialmente a audição de gerbos (tipo de roedor que possui uma faixa de audição equiparada à dos seres humanos) com injeções criadas a partir de células estaminais humanas. Os cientistas utilizaram estas células embrionárias no tratamento de uma forma comum de perda auditiva, responsável por aproximadamente 15% dos casos de perda de audição, a neuropatia auditiva, que se revela como um problema na conexão entre as células auditivas e o cérebro, que pode ser congénita ou adquirida por fatores ambientais. Os animais surdos utilizados no estudo, que foram transplantados com células estaminais embrionárias humanas nas quatro semanas seguintes ao transplante apresentaram uma recuperação de 46% da audição.

As células estaminais em cultura foram induzidas a diferenciarem-se em neurónios auditivos ou células da cóclea, enquanto os animais foram tratados com uma droga que danifica os nervos auditivos, provocando surdez. Mais tarde as células já diferenciadas foram injetadas de forma a atingirem a cóclea, tendo-se verificado que reverteram parcialmente a perda auditiva. Sobre este estudo, Claridge cita Marcelo Rivolta que referiu que se extrapolasse esta experiência para um paciente humano seria como ser tão surdo que não ouvisse o ruído de um camião e passasse a conseguir manter uma conversa numa sala. Todavia, Rivolta salientou que até se iniciarem os testes em humanos vai um caminho considerável levando ainda algum tempo. Contudo, os resultados preliminares destes e doutros estudos oferecem esperança para o futuro das pessoas com deficiência auditiva (Claridge, 2012).

Num outro estudo das universidades de Harvard e Massachusetts, foi possível reverter a surdez através da regeneração dos cílios das células da cóclea que detetam os sons no interior do ouvido. O estudo foi realizado com ratos de laboratório que receberam uma injeção estimulante do crescimento dos cílios, e embora não se tenha conseguido restaurar completamente a audição, as ressonâncias magnéticas efetuadas aos cérebros dos ratos surdos depois da medicação revelaram que estes passaram a ouvir sons como o bater de uma porta ou o ruído de tráfego. Os sons detectados têm como característica serem fortes e de baixa frequência, ainda longe de apresentarem uma audição de características normais. A droga utilizada “reprogramou” as células ciliadas através da manipulação dos seus genes, induzindo a alteração das suas funções, passando a atuar como células ciliadas responsáveis pela transdução das vibrações sonoras em sinal elétrico. Este estudo tem um alcance regenerativo enorme já que a maior parte dos problemas auditivos reside na danificação dos cílios.

Mais uma vez, apesar da grande satisfação com os resultados destes dois estudos, os investigadores afirmaram que o tratamento em humanos ainda está longe de se tornar realidade (Edge, Kempfle & Shi, 2012).

Assim, para além dos avanços tecnológicos, a preocupação atual prende-se com a continuação dos progressos que levem à compreensão dos processos genéticos, moleculares, celulares que estão subjacentes à surdez, e na aplicação dos novos conhecimentos na proliferação de células estaminais, na medicina regenerativa, na bioengenharia, na nanotecnologia e noutras áreas que levem à restauração da audição.

ANEXO M – RELATÓRIO COST FORESIGHT 2030 – RESUMO

Parece interessante salientar a análise do Relatório do *COST Foresight 2030, Benefiting from Digital Revolution, Workshop on Life Enhancement* que decorreu entre 30 de junho e 2 de julho de 2009. COST é um quadro europeu intergovernamental para a cooperação internacional entre atividades de investigação financiadas a nível nacional. Cria redes científicas e permite aos cientistas colaborarem num amplo espectro de atividades de pesquisa e tecnologia. A sua rede engloba 35 países europeus e tem como parceiros, Israel, África do Sul, Nova Zelândia e Austrália.

Nesse *Workshop* internacional e multidisciplinar participaram especialistas de todo o mundo incluindo profissionais de saúde, investigadores, académicos, engenheiros, representantes da indústria e políticos. Os participantes colocaram o horizonte temporal em 2030 e desenharam uma visão com as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), no cerne de cuidados de saúde e das biociências que pretende capacitar as pessoas para tomarem conta das suas vidas. Exploraram-se três áreas: Medicina Personalizada, Lutar contra o Envelhecimento e Humano Cibernético.

Relativamente à medicina personalizada a abordagem sugere-se qualitativa e personalizada numa perspetiva preventiva e curativa; baseada na recolha de dados ao longo da vida visando a capacitação e o *empowerment* do paciente, esta abordagem irá trabalhar com equipas virtuais globais. Basear-se-á na colheita de dados ao longo da vida, mas também na Web segura e remotamente acessível, prevendo-se que seja interdisciplinar e multidisciplinar, bem como social e culturalmente aceitável. No Relatório coloca-se em evidência a tecnologia *lab-on-chip* que permitirá vários testes para personalizar a medicina e integrar Também as ciências “Omics”, tais (como a genómica, proteómica, transcriptómica e metabolómica) vão desempenhar um papel fundamental na avaliação de risco e de tratamento personalizado. Ainda, tendo em conta a constituição genética individual as drogas ser-lhe-ão adaptadas. *Lab-on-chip* e nanotecnologia não só vão revolucionar a forma como a ciência é feita, mas terão um impacto enorme na sociedade especialmente no campo da medicina personalizada. Esta tecnologia fornecerá oportunidades para o estudo das redes celulares complexas tais como, cérebro-em-um-chip e para melhorar o diagnóstico.

No mesmo Relatório evidencia-se também a facilidade na recolha dos dados genómicos a par da dificuldade em entender o genoma, chamando a atenção para a necessidade da investigação dos elos perdidos entre a genética, a doença e o meio ambiente, a necessidade de estudar os parâmetros genómicos que podem alterar a função do genoma sob influências externas tais como, fatores ambientais e epigenéticos que serão fundamentais na expressão do gene, compreensão e etiologia de várias doenças.

Também o facto de em 2030 o *Bioprofile* ser a norma se salientou: à nascença far-se-á a colheita de uma amostra de sangue para determinação da sequência do genoma do sujeito. O Relatório cita Emmanuel Ifeakor, da Universidade de Plymouth que descreveu o bioprofile como todos os cuidados de saúde e informações relevantes sobre o estilo de vida de uma pessoa do nascimento à morte. As tecnologias do bioprofile permitirão aos clínicos prever objetivamente a suscetibilidade à

doença, o aparecimento de determinadas doenças com diversos anos de antecedência, e planejar e monitorizar a resposta ao tratamento adaptado às necessidades individuais. Estas tecnologias terão um elevado impacto individual na sociedade e nos profissionais de saúde na Europa e além desta. Os principais benefícios serão sociais pela melhoria dos cuidados e da qualidade de vida, e pela capacitação do sujeito relativamente à gestão da sua própria saúde. Os pacientes serão mais informados e capacitados, a medicina personalizada será mais proactiva e participativa.

Quanto ao combate do envelhecimento, Aubrey de Grey, presidente e diretor científico da Fundação Matusalém, do UK, lançou o debate quando referiu que o reforço das capacidades físicas e mentais é um assunto grandioso, mas a melhoria da qualidade de vida, resume-se basicamente a combater o envelhecimento, mais que qualquer outra coisa, e não era o modo como a medicina funcionava na altura, tendo dito que "Até 2030, deve ser possível alcançar um impacto significativo sobre o processo de envelhecimento".

O *Bioprofile* permitirá aos sujeitos em conjunto com os profissionais de saúde desenhar planos de vida que evitem fatores que possam aumentar a probabilidade de desenvolver determinada doença. Tais planos incentivam os sujeitos a procurar medidas preventivas para diminuir a sua vulnerabilidade e prevenir ou retardar o processo de envelhecimento. Prevê-se grandes avanços na medicina regenerativa e na biomedicina nos próximos 20 anos relacionados com medicamentos regenerativos, ligados aos avanços na capacidade de manipulação celular nomeadamente de células estaminais. Outras questões importantes são a disponibilidade de informação genética que permite a capacitação dos pacientes e melhor conhecimento do nosso ambiente tóxico.

A melhoria da saúde passará pelos estudos genéticos que vão orientar os sujeitos sobre a melhor forma de gerir as suas vidas. Também pela educação para a saúde futura, pela aprendizagem baseada na internet e nos registos pessoais de saúde informatizados, é outro dos aspetos considerados. Por exemplo, aqueles com predisposição para a doença de Alzheimer, após planos cuidados, poderão ajustar a sua vida.

Vários participantes apontaram a análise genómica e epigenética como o caminho a seguir para combater o envelhecimento. Herve Chneiweiss, do Centro de Psiquiatria e Neurociências, do Centro Nacional Francês para a Investigação Científica, salientou: "Quanto mais sabemos mais longe estamos do determinismo; que na atualidade as terapias "omics" são necessárias mas insuficientes; e ainda que, desde agora e nos próximos 20 anos, doenças comuns irão ainda matar milhões, sendo necessários avanços rápidos na medicina preditiva, regenerativa e personalizada".

Porém, nos próximos 20 anos será possível identificar e controlar as principais exposições tóxicas a produtos químicos perigosos. Em 2030 a nova tecnologia de medição de exposição vai identificar qual das 100000 substâncias químicas produzidas atualmente no mundo são perigosas e contribuem para danos e envelhecimento.

Quanto ao humano cibernético e à ascensão da bio robótica pode ler-se no relatório que em 2030 os elos entre as tecnologias *cyber* computador e sistemas biológicos humanos estarão bem avançados.

Os participantes discutiram uma vasta gama de tecnologias e aplicações. Destacaram-se os avanços notáveis nas neuro próteses, robots de companhia, e realidade virtual na melhoria da qualidade de vida.

Relativamente às neuro próteses, estas transmitirão sensações reais acerca do mundo exterior, através de sensores sobre o membro robótico e de simuladores sobre o corpo. Nas duas próximas décadas as próteses dos membros superiores e inferiores serão conduzidas por pensamentos através da utilização de sinais neurofisiológicos. Serão usados pequenos sensores no corpo humano que terão de ser melhorados, atendendo a que os atuais são os mesmos usados há 20 ou 30 anos atrás, segundo a afirmação de vários participantes.

O desenvolvimento de novos materiais permitirá a interface entre os membros artificiais e o tecido humano, uma das possibilidades é a osteointegração; no entanto, será necessário prevendo-se o desenvolvimento de materiais “inteligentes”, flexíveis e biocompatíveis que abrangerão uma vastidão de novas possibilidades para pessoas com deficiência.

Kris Verstreken, diretor de departamento de Bio NanoElectronics (BioNe), IMEC, Louvain, Bélgica, referiu “A reparação de uma máquina velha é demasiado dispendiosa, é muito melhor fazer a reversão da engenharia, e reconstruir peças do corpo humano a partir do zero, no entanto, o corpo humano é complexo e as ferramentas são primitivas”.

Alguns participantes salientaram a nova área de pesquisa, designada por biologia sintética que passa pela engenharia de redes de genes artificiais, pelo redesenhar de sistemas biológicos naturais e componentes modulares.

Não sem controvérsia foram discutidos os desafios inerentes ao trans humanismo, que fomentam o uso da ciência e da tecnologia para melhorar características e capacidades humanas, físicas e mentais em indivíduos sem patologia. Se deverão abandonar-se quando são a pedra angular da pesquisa e experimentação de diversas áreas da medicina, particularmente das próteses e ortóteses?

A opinião dos participantes foi unânime quanto à predição dos serviços de robots de companhia, empáticos, intuitivos e interativos ser comum em 2030, que melhorarão grandemente a qualidade de vida humana em particular dos idosos com deficiência, que serão usados pelas famílias e substituirão pessoas na realização de tarefas difíceis; quanto à monitorização continua em tempo real do corpo humano; quanto ao desenvolvimento da Internet do futuro numa rede global inteligente; quanto à tecnologia das células estaminais e à terapia genética.

Salientou-se a importância do desenvolvimento de programas de realidade virtual que permitirão aos sujeitos a experiência de viajar praticamente para qualquer lugar do globo e interagir com os outros como se fosse na realidade, o que fará melhorar a vida das pessoas com deficiência e dos idosos. A realidade aumentada será também comum.

Destacou-se a evolução da Web inteligente, da gestão do “diluvio” de dados, *cloud computing*, e das tecnologias e aplicações futuras inovadoras. Desenhou-se um *Roadmap* para tecnologia 2030 onde

se destaca para 2020 tecnologias sofisticadas para a exploração do cérebro e do corpo, poderosos nano sensores e semicondutores que aumentarão exponencialmente o poder da computação, e o desenvolvimento de biomateriais sintéticos compatíveis com o corpo humano e que permitirão a melhoria das próteses. Nessa altura a biologia de sistemas será a norma.

Para 2030 pode esperar-se as seguintes tecnologias: fisiologia humana virtual, medicina regenerativa, combinação do genoma com “omics” funcionais, terapia genética, decodificação da atividade cerebral e biologia sintética.

Pode ler-se também no Relatório que a investigação em 2030 graças à “Web inteligente” e à promoção da multidisciplinaridade será multidisciplinar e a uma escala global. Diversos participantes opinaram que a multidisciplinaridade deveria ter início imediatamente, com o prejuízo dos avanços previstos nunca tomarem lugar.

Vários desafios tecnológicos e sociais colocam-se às três áreas da biomedicina discutidas no *Workshop* quanto à governança de dados, privacidade, confiança e questões éticas. O setor privado terá oportunidades de desenvolver tecnologias e infraestruturas da informação e da comunicação e ferramentas em forma de *software*, bancos de dados e de relatórios médicos personalizados, onde a confiança reside no grau de aceitação dos cidadãos na tecnologia que irá mudar radicalmente as suas vidas, e nos sistemas de governança desenhados e implantados pelos governos que implicam estabelecimento de normas. Outros desafios prendem-se com as implicações sociais da Web do futuro, da evolução da inteligência artificial e de sistemas de suporte à decisão.

Algo tão importante como os avanços da biomedicina farão com que a sociedade se depare com questões éticas complexas tais como: Na medicina personalizada como é que os seguros de saúde irão atuar num mundo onde os dados pessoais de um cliente podem ser comprometidos? Quais os procedimentos que serão cobertos? Serão determinados procedimentos preventivos e estilos de vida obrigatórios? Tratamentos com medicamentos e terapias personalizadas serão para o público em geral ou limitados apenas a quem pode comprá-los?

Ainda outros desafios se colocam, como a aquisição e o armazenamento de dados personalizados ao longo da vida, e a disseminação do conhecimento, que é a chave, para os cientistas, políticos, legisladores e sobretudo o público em geral.

Salientou-se a necessidade do envolvimento de matemáticos, atendendo a que o progresso significativo assenta em algoritmos, como por exemplo, para traduzir a modelação e simulação de sistemas biológicos complexos. O financiamento será a chave.

Quanto a desafios específicos, consideraram os saltos significativos na combinação da genotipagem com análises epigenéticas, a identificação e decodificação de sinais cerebrais e o maior desenvolvimento de biomateriais, incluindo o desenvolvimento de neuro próteses, o diagnóstico e a descoberta da cura para as doenças de Alzheimer, Parkinson e demência e o desenvolvimento de robots de companhia, empáticos, intuitivos e interativos.

No Relatório pode ainda ler-se sobre a medicina personalizada surgir repetidamente a aproveitar o progresso rápido no domínio das TIC. O benefício vai incidir particularmente no envelhecimento da população europeia. A Europa, com os seus pontos fortes comprovados pelas TIC, terá a oportunidade de alcançar grandes avanços neste mesmo domínio. Os participantes identificaram diversos fatores chave de sucesso para o caminho a percorrer até 2030.

Terão de se abordar questões políticas públicas, sobre o que é social e culturalmente aceitável. Trata-se de política, como as mudanças sociais e éticas se repercutem e que irão ser enormes. A chave está em tornar a tecnologia acessível, e na educação em saúde para os cidadãos e profissionais de saúde. Há necessidade de harmonizar políticas de saúde europeias para regulamentar os seguros de saúde e a bioética, as análises de custo benefício e como os políticos lidam com as questões financeiras. Serão cada vez mais prementes as questões legais, éticas e reguladoras, e a participação de ambos, profissionais e cidadãos para uma melhor legislação e governança.

Os governos deverão estimular parcerias público privadas através de vários incentivos, inovação e instrumentos financeiros flexíveis. Dever-se-á estabelecer normas de formação e irá ser cada vez mais importante o trabalho em equipas virtuais de investigadores, cientistas, médicos e pacientes. Será necessária a criação de uma infraestrutura para uma comunidade científica global que permita a integração de cientistas em equipas multidisciplinares que colaborem em todas as disciplinas. A interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade serão fundamentais.

Salientou-se a educação e formação baseadas nas TIC para os futuros médicos e investigadores. A fisiologia humana virtual vai tornar-se numa ferramenta de educação imprescindível. O homem fisiológico virtual permitirá enormes coleções de dados anatómicos, fisiológicos e patológicos armazenados em formato digital. Permitirá também a criação de grandes coleções de modelos preditivos que podem interligar-se de forma eficaz para formarem representações de sistemas complexos.

O Relatório coloca ainda em evidência a necessidade de técnicas de “Web inteligente” avançadas para garantir a privacidade e a segurança dos dados. A informação preciosa da biomedicina fornecerá dados valiosos de milhões de sujeitos aos investigadores e cientistas. Bem como o apoio à evolução da “Web inteligente” que irá criar um maior processamento de conhecimento, que será essencial à tomada de decisão e resolução de problemas até, e para além de 2030. Com esta evolução, é natural a resistência pública às implicações culturais e às mudanças do estilo de vida pessoal e profissional, por isso é tão importante a educação e a disseminação do conhecimento.

Apresentou-se também a necessidade dos avanços na investigação sobre células estaminais e terapia da substituição genética, e da introdução generalizada de biossensores para monitorização em tempo e espaço reais da condição de saúde individual. Sobre este último ponto naquela altura, alguns participantes referiram que a aceitação daqueles equipamentos era baixa.

Como conclusão do Relatório, pode ler-se que a personalização da saúde vai permitir grande qualidade de tratamento, de terapêuticas e de capacitação dos pacientes. A implementação da medicina personalizada vai obrigar à criação de novos quadros legais, éticos, apólices de seguro, educação, TIC e mais avanços nas biociências. O *Bioprofile* personalizado deverá avançar^{*}.

Todavia, vão continuar a usar-se as Próteses Auditivas!

^{*} As recomendações apontadas neste *Workshop Report* podem ler-se em *COST Foresight 2030, Benefiting from the Digital Revolution, Workshop on Life Enhancement, 30 June to 2 July 2009*.

ANEXO N – NOVAS PERSPETIVAS NA AVALIAÇÃO DA PERCEÇÃO AUDITIVA

Segundo Mueller em audiologia diagnóstica, há muito que tem sido comum utilizar medições objetivas para apoiar os resultados comportamentais, ou em alguns casos, substituí-los. Desde o início dos anos 70 do século passado que se pode contar com a bateria de testes como a imitanciometria e os potenciais evocados auditivos. As Otoemissões acústicas foram adicionadas à bateria uma década mais tarde. No mundo da amplificação, no entanto, as medidas objetivas são limitadas. A ferramenta de verificação de "Como é que o som...? É hoje tão popular como era quando as próteses de caixa eram a norma. É certo que se pode utilizar o *real ear analyzer* cujas medidas permitem o conhecimento do ganho prescritivo, mas essas medidas podem obter-se igualmente de um cadáver". Saber que a saída do aparelho auditivo é correta no canal auditivo é, naturalmente, um primeiro passo necessário, mas o que realmente se quer saber é se e como o cérebro está usando as informações (Mueller, 2013).

Não importa o desenvolvimento tecnológico das próteses auditivas, o som continua a viajar do ouvido até ao cérebro. Tudo o que ouvimos é processado no cérebro.

E na verdade o recente estudo da Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de julho de 2015 vem mostrar que nem sequer se conhece o que se ouve. Estando-se perante um vasto campo de investigação onde a psicologia é também levada em conta e havendo um longo caminho a percorrer. Com base nessa pesquisa Christian Kock perito em acústica da PTB é o gestor do projeto internacional no qual especialistas de metrologia de vários institutos de metrologia e cientistas do Instituto Max Planck Institute for Human Development em Berlim investigam os fundamentos da audição de sons "inaudíveis", sendo um facto que os infrassons (abaixo dos 16 Hz) e os ultrassons (acima dos 16000 Hz) estão presentes em variadas situações quotidianas.

Porque um som alto audível pode danificar a audição. Colocam a questão: Mas o que é exatamente um som "audível"? E o que é que um ser humano realmente ouve? No seu estudo os indivíduos testados foram questionados sobre a sua experiência auditiva subjetiva, e para uma análise quantitativa foram comparadas as suas experiências por meio de imagem, através de MEG e de fMRI. Os resultados demonstraram que os seres humanos ouvem sons mais baixos (a partir de 8 Hz), uma oitava abaixo do que se supunha anteriormente: tendo-se detetado uma excitação do córtex auditivo primário abaixo dessa frequência. Todas as pessoas em causa declararam que tinham ouvido alguma coisa, no entanto, essa percepção não tinha sido sempre tonal. As observações mostraram uma reação em certas partes do cérebro que desempenham um papel nas emoções. Este projeto focou-se na questão de certas pessoas se sentirem perturbadas por sons "inaudíveis", enquanto outras não referem qualquer incómodo.

Os investigadores salientam a importância de prosseguir com a pesquisa, também no outro extremo – ultrassons. Atendendo a que não se sabe até onde os humanos conseguem ouvir acima dos limiares

de audição previamente estabelecidos, e se conseguem, o que percebem? No entanto, o que se aplica a outras faixas, também se aplica aos sons agudos, isto é: um som muito alto pode danificar a audição. (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2015).

É também através da pesquisa de neurocientistas da Universidade Johns Hopkins que surgem novas informações sobre o funcionamento das células nervosas, que contrariam a atribuição quase exclusivamente da morte das células ciliadas do ouvido interno, como responsáveis pela perda auditiva no idoso. A sua publicação no *The Journal of Neuroscience* (2015) refere terem verificado um aumento do número de conexões entre determinadas células sensoriais e células nervosas do ouvido interno de ratos idosos. Na última década os estudos têm sugerido que as alterações ao longo do tempo também ocorrem entre as células ciliadas e as células nervosas às quais estão ligadas, que são conhecidas por inibir a audição, embora ainda não esteja claro se tal é uma função de ratos mais velhos. Os investigadores consideram que se as descobertas se confirmarem, poderão contribuir para os médicos que poderão vir a tratar ou prevenir a perda auditiva relacionada com a idade. (Johns Hopkins Medicine - Paul Fuchs, 2015).

Apesar das respostas cerebrais mudarem com a idade as próteses auditivas tendem a ser adaptadas da mesma forma, independentemente da idade do utilizador. Ao envelhecermos os nossos cérebros traduzem o som de forma diferente. Tremblay e os seus colaboradores estão a investigar se os cérebros de alguns indivíduos são mais sensíveis ao ruído de fundo do que outros, provavelmente um fator fundamental para a sua satisfação com a prótese auditiva.

Para conhecer melhor o papel do cérebro na audição, Tremblay e estudantes de pós-graduação do Department of Speech and Hearing Sciences utilizaram a tecnologia do EEG para estudar a atividade cerebral de indivíduos em que aplicavam testes auditivos especializados e usaram medidas comportamentais, pedindo ao ouvinte para efetuar uma tarefa, por exemplo, determinavam o assunto que o indivíduo iria ouvir e entender, enquanto em simultâneo efetuavam um EEG que mostrava o que estava a acontecer no cérebro, procurando evidências do que realmente faz a diferença no quotidiano dos indivíduos.

Sullivan, que estuda a compreensão do discurso nos mais pequenos com défice auditivo, salienta que só muito recentemente se obteve a evidência de que algumas características da audição que trazem benefícios para as crianças não são as mesmas para os adultos, tendo aumentado a perceção que a reabilitação auditiva em crianças não leva ao mesmo nível de compreensão da fala como nos adultos, em particular em ambientes ruidosos. No adulto os processos cerebrais são mais capazes de preencher as lacunas da audibilidade. A explicação pode estar nos fatores cognitivos, que estão melhor desenvolvidas nestes. As crianças simplesmente não têm tanta experiência com a linguagem e continuam a desenvolver as habilidades auditivas mais complexas até à adolescência. Para Sullivan “a fala é um sistema muito redundante. Quando os fragmentos são cortados em ambientes ruidosos, os adultos são capazes de juntar e preencher as lacunas, graças à sua experiência; eles têm uma melhor capacidade de vislumbrar”. Por isso até à idade de onze anos comparar crianças com adultos é como comparar maçãs com laranjas.

Segundo a mesma investigadora em última análise é a ponte entre a tecnologia da prótese auditiva e o cérebro que define a compreensão global do desempenho da fala de indivíduos com déficit auditivo, e que define os resultados em sala de aula e em outras situações no dia-a-dia. A importância desta temática é grande, não só para os colegas de investigação, mas também para pais, professores, terapeutas da fala e audiologistas educacionais. É importante que essas pessoas colaborem como um grupo, se entendam e estejam a par dos mais recentes desenvolvimentos na investigação (Van der Ent, 2014).

Nos seus estudos Billings e Kelly em 2007 colocam questões como: há mudanças de longo prazo na atividade do sistema auditivo central quando um indivíduo está adaptado com uma prótese auditiva? A amplificação da prótese auditiva afeta a maturação do sistema auditivo? Como é que o sistema auditivo central contribuiu para a variabilidade de desempenho, e as respostas neurais para utilizadores de próteses auditivas com sucesso são diferentes das dos utilizadores de próteses auditivas sem sucesso? Para os investigadores embora os efeitos da amplificação das próteses auditivas no cérebro seja um tema interessante, é importante salientar que alguns efeitos básicos das próteses auditivas no cérebro, como o efeito dos parâmetros de processamento de sinal são relativamente desconhecidos.

Ainda não obtiveram resposta à pergunta: qual é a ligação entre a prótese auditiva e o cérebro? Consideram necessário perceber em primeiro lugar a interação entre as variáveis relacionadas com o equipamento e o sistema auditivo, e só então partem para questões mais aplicadas à clínica, podendo extrapolar-se aos Implantes Cocleares. Sendo importante mais investigação, usando vários tipos de medidas que possam vir a mostrar o efeito da amplificação no sistema auditivo central e da capacidade deste se modificar com a amplificação.

Se é um facto comprovado que as próteses auditivas através da amplificação sonora ajudam a compensar distúrbios auditivos, todavia, a sua eficácia depende também da capacidade do sistema auditivo central para representar e integrar a informação espectral e temporal emitida pela prótese auditiva.

O artigo de Tremblay e Miller de 2014 *“How Neuroscience Relates to Hearing Aid Amplification”*, mostra que se pode argumentar que é preciso entender primeiro como se processa o fluxo de audição, através dos sistemas ouvido-cérebro no indivíduo norma ouvinte mas também que se pode argumentar que as intervenções baseadas em estudos com audição normal são limitadas na sua generalização para utilizadores de próteses auditivas.

As experiências destacadas no artigo servem como exemplos para mostrar o quão longe e multidisciplinarmente a pesquisa acerca das próteses auditivas chegou. Desde a publicação original de Souza e Tremblay diversos avanços foram alcançados na frente clínica como os apresentados através de muitos estudos visando o uso de medidas de deteção neurais para ajudar a adaptação protética. Contudo, para os investigadores, será através da Neuro engenharia que essa próxima geração de próteses auditivas, provavelmente, chegará.

Na grande maioria dos estudos encontrados, a medida utilizada para mostrar o efeito da amplificação das próteses auditivas foi os Potenciais Evocados Auditivos Corticais, que segundo o estudo de Billings, Papesh, Penman, Baltzell e Gallun de 2012 apesar de várias décadas de pesquisa a sua utilidade clínica ainda não está clara. O que mais contribui para essa ambiguidade é a grande variabilidade entre os estudos publicados e entre os indivíduos dentro de um determinado estudo, alguns resultados demonstram os efeitos de amplificação esperado, enquanto outros não demonstram efeitos de amplificação, ou efeitos limitados. Evidências recentes indicam que algumas das variabilidades no efeito de amplificação pode ser explicada pela distinção entre as experiências que incidiram sobre a detecção fisiológica de um estímulo versus aqueles que diferenciaram respostas a dois sinais sonoros, ou discriminação fisiológica.

O propósito do estudo era a clarificação da variabilidade que se tem observado ao longo de décadas na investigação utilizando os PEAC. As duas abordagens do estudo mostraram que a detecção fisiológica demonstrou maior robustez nos efeitos de amplificação, enquanto a discriminação fisiológica demonstrou diferenças limitadas, não sendo clara se a abordagem da discriminação é válida, ou talvez seja válida somente para determinadas próteses auditivas, para determinados ajustes das próteses auditivas, para determinados estímulos, ou como no estudo para determinadas condições. Para os investigadores ainda seria prematuro, algumas decisões clínicas baseadas numa abordagem apoiada na discriminação fisiológica, sendo necessário continuar a investigar para delinear como a interação do estímulo com a prótese auditiva afeta a resposta evocada. Será necessário um conhecimento mais detalhado sobre como o processamento do sinal da prótese auditiva modifica o estímulo acústico, antes que a abordagem da discriminação fisiológica seja utilizada na tomada da decisão clínica.

No estudo de Wild et al. de 2012 *“Effortful Listening: The Processing of Degraded Speech Depends Critically on Attention”*, os resultados obtidos com fMRI são coerentes com a proposta de que a compreensão da fala em situações de escuta difíceis é facilitada por influências de cima para baixo no processamento auditivo precoce. À luz dos seus achados os investigadores consideram que as medidas neurais da escuta em esforço pode proporcionar uma nova forma de avaliar a eficácia e o conforto das próteses auditivas, e ajudar os investigadores a otimizar o benefício obtido a partir desses dispositivos.

A Conferência Research Academy (ARC) foi projetada com a finalidade do debate entre cientistas e médicos para que discutissem a partir de várias perspetivas, temas atuais da ciência, no ano de 2014. O tema eleito foi **“Hearing Aids and the Brain”**, tendo participado investigadores ligados a grandes laboratórios mundiais de investigação na área da audição e de centros de investigação da indústria das próteses auditivas como, Harvey Dillon, Kelly Tremblay, Ryan W. McCreery, Susan A. Small, Susan Scollie, Curtis J. Billings, Jessica Sullivan, Thomas Lunner e Arlene Neuman, alguns dos quais citados neste estudo. Foi pedido aos oradores que abordassem o tema a partir das questões:

- O que é necessário na área da amplificação pediátrica, e se existe lugar para as medições cerebrais preencherem essa lacuna?
- Como podem as medições cerebrais adicionar à clínica protocolos, e qual seria o impacto no tempo e nos custos?
- O que pode o cérebro (cognição e neuro imagem) dizer-nos sobre a amplificação no adulto?
- Quais são as linhas de investigação da neurociência a adotar no futuro, e se estão relacionadas com a amplificação das próteses auditivas e com a forma destas ajudarem a ouvir?
- Os clínicos usariam medidas fisiológicas e de escuta em competição? Se sim, como?

Os oradores, investigadores de larga experiência nesta área, discutiram as diversas formas em que os PEA podem ser usados para preencher as lacunas na amplificação em pediatria, que serão eficazes dos seus pontos de vista em relação ao tempo e aos custos. Discutiu-se também a intervenção que está a ser explorada, para através de exercícios de escuta se possa melhorar a memória de trabalho, que ajudará as crianças a aprender a fazer melhor uso do discurso em ambiente ruidoso (ex. escola).

Nesta Conferência ressaltou-se a importância da perda auditiva congénita alterar a experiência auditiva para os lactentes e crianças que nascem com esta condição, e a importância do Rastreio Auditivo Neonatal Universal como o primeiro passo importante para assegurar que as crianças que nascem com défice auditivo possam melhorar a sua audição através de próteses auditivas ou de implantes cocleares. Com a implementação generalizada do RANU nos EUA muitas mais crianças são diagnosticadas e adaptadas antes dos seis primeiros meses de idade. Segundo Ryan atualmente estas crianças apresentam melhores resultados auditivos e comunicacionais face a crianças com o mesmo problema de outras gerações. Ryan nas suas pesquisas futuras procura aplicar os Potenciais Evocados Auditivos e técnicas de imagem cerebral para explorar as correlações neurais das mudanças de comportamento na criança adaptada proteticamente, já documentadas nos seus estudos anteriores.

Discutiu-se o que os PEAC podem revelar sobre a surdez infantil com e sem prótese auditiva, as atuais limitações na interpretação das suas respostas e também a necessidade de pesquisas adicionais. Scollie referiu a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar o objetivo da deteção e discriminação dos sons da fala em crianças pequenas, que pode surgir através dos PEAC, como os potenciais de uma resposta cortical lenta ao aparecimento de um estímulo, e um complexo de mudança acústica, induzido a mudar de dentro do estímulo, sendo necessário mais estudos para determinar quais os estímulos e parâmetros otimizados para a avaliação do benefício das próteses para uma série de perdas auditivas. Estes estudos estão a dar os primeiros passos e demonstram um grande potencial para a avaliação da discriminação da fala em lactentes.

Dillon referiu que as medidas das respostas corticais nas crianças podem ajudar o clínico pela informação que dão acerca da deteção dos sons da fala quando a criança está com e sem as próteses auditivas. Salientou que a medição da resposta cortical que considera de grande potencial em recém-nascidos, já faz parte da rotina na Austrália, no entanto, será necessário prosseguir com a investigação, nomeadamente no que concerne à taxa de apresentação e do uso de estímulos mais complexos e à discriminação dos sons.

Billings salientou a importância dos PEAC cada vez mais utilizados na última década para caracterizar a codificação neural de sinais amplificados, e desta medida fisiológica ser recolhida enquanto os pacientes estão a usar as próteses auditivas, ser particularmente benéfica em pediatria e noutras populações onde é difícil obter respostas comportamentais fiáveis. Não descuidando, no entanto, os resultados de vários estudos sobre os PEAC nos últimos 40 anos serem mistos e variados. Salientou por isso que as modificações do processamento da audição em indivíduos adaptados proteticamente e como essas modificações interagem com a nova geração dos PEAC, necessitam de melhor compreensão e de serem consideradas cuidadosamente antes da sua utilização na clínica como bio marcadores para a discriminação ou para perceber como o cérebro muda ao longo do tempo com a amplificação.

Sullivan ressaltou a dificuldade das crianças reconhecerem a fala no ruído, o que é relatado consistentemente por outros investigadores que referem que mesmo com a amplificação adequada crianças com défice auditivo apresentam grandes dificuldades na escuta nas salas de aulas, pela reverberação e pelo ruído ambiente, comprometendo o acesso auditivo à informação, exigindo maiores recursos cognitivos como a memória de trabalho que é mais afetada quando a relação sinal ruído é pobre, podendo influenciar outros processos como a compreensão auditiva. Sullivan tem desenvolvido um trabalho, com uma nova intervenção com base no conceito que o treino auditivo no ruído interrompido pode ajudar no desenvolvimento de habilidades “vislumbrando”. Vislumbrando é um processo no qual os indivíduos são capazes de tirar proveito das flutuações do ruído de fundo para entender a mensagem que está a ser comunicada.

Neuman apresentou vários estudos cujos resultados mostraram o benefício da avaliação da escuta em esforço, cuja medição pode ter diversas abordagens como: avaliações subjetivas de esforço, métodos comportamentais que utilizam medidas de tempo de resposta ao discurso, medidas que requerem em simultâneo o desempenho de uma tarefa de reconhecimento da fala e uma tarefa secundária e medidas de reações fisiológicas à dificuldade de uma tarefa. Os resultados dos seus estudos revelaram o benefício da avaliação da escuta em esforço poder ser uma dimensão do benefício da prótese auditiva. Estas medidas podem transmitir informação importante sobre como o processamento do sinal das próteses auditivas afetam o processamento “*top-down*”. Contudo, será necessário prosseguir a investigação para determinar como qualquer uma dessas medidas podem ser adaptadas para uso clínico.

Para Lunner os diferentes estados mentais durante a escuta indicam que para a adaptação protética poderão não ser suficientes apenas as medidas acústicas, podendo ser necessário monitorizar

parâmetros cognitivos quando se procede à tomada de decisão da escolha e da adaptação da prótese, ou seja, próteses auditivas orientadas para a cognição. Lunner salientou os novos avanços tecnológicos relevantes para o processamento auditivo incluírem monitorização via, por exemplo, o eletroencefalograma – EEG. Para Lunner foi já demonstrado que o EEG pode ser usado para determinar no meio de várias fontes sonoras, qual a fonte a que o indivíduo está a prestar atenção, o que pode permitir novas formas de controlar as próteses auditivas.

Foi consensual entre os diversos oradores a necessidade de prosseguir com as diversas investigações que trarão informação relevante para a conceção das próteses auditivas no futuro e que lançarão luz sobre o desempenho e a variabilidade individuais entre os utilizadores das próteses auditivas. Não obstante todas as medidas que se venham a implementar na clínica serão um complemento e não a substituição das medidas já existentes (Tremblay, 2014; McCreery, 2014; Small, 2014, Scollie, 2014; Dillon, 2014; Billings, 2014; Sullivan, 2014; Lunner, 2014 e Neuman, 2014).

A necessidade de dar respostas a questões como as anteriores tem motivado diversos cientistas a desenvolver estudos nesta área, onde as diversas ciências como a Audiologia, a Neurociência, a Nano tecnologia, a Matemática, a Engenharia e outras convergem.

Os tempos são favoráveis. A investigação no ano de 2014 contou nos EUA com a iniciativa BRAIN e a Europa definiu o ano de 2014 como o ano europeu do cérebro. Em Portugal o Centro de Investigação da Fundação Champalimaud tem apostado na investigação, especialmente dedicada à área das neurociências, com o objetivo de vir a entender o funcionamento do cérebro humano, através de imagens do seu interior em ação. Tal como referido anteriormente as imagens irão mostrar como as células individuais e os circuitos neurológicos trabalham e interagem, sendo essas imagens como um "mapa" do cérebro, que permite examinar a forma como este regista, usa e recupera uma vasta quantidade de informações que permitirá compreender melhor como os seres humanos pensam, aprendem e memorizam, podendo tal metodologia ser igualmente um contributo para se perceber o que ouve e como ouve o cérebro.